

최      중  
연구보고서

금낭화의 실생 및 기내 종묘의 대량생산과  
분화재배체계 확립

연구기관 : 전북대학교

농 립 부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “금낭화의 실생 및 기내 종묘의 대량생산과 분화재배체계 확립”  
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 10월 14일

주관연구기관명 : 전북대학교

총괄연구책임자 : 은 종 선

연 구 원 : 김 영 선

연 구 원 : 박 종 숙

협동연구기관명 : 전북 농업기술원

협동연구책임자 : 이 진 재

위탁연구기관명 : (주) 파낙시아

위탁연구책임자 : 이 강 섭

# 요 약 문

## I. 제 목

금낭화의 실생 및 기내 종묘의 대량생산과 분화재배체계 확립

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 금낭화는 설악산, 지리산 등 전국의 산속에 자생하고 있으며, 최근 자생화에 대한 관심과 수요가 높아지고 있으나 분화의 생산 및 재배체계가 확립되지 않아 고가로 거래되고 있어 대중화의 장애요인이 되고 있다.

2. 전국 자생지의 분포를 조사하고 군락지에 대한 변이체의 탐사가 요구되고 있으며, 자생지의 환경적 특성을 밝히고자 하였다.

3. 금낭화는 종자 및 영양번식으로 증식하고 있으나 발아가 극히 곤란하고 분주에 의한 증식은 그 효율이 매우 낮아 대량증식에 문제점이 많은 바 휴면을 타파하고 종자의 발아에 적합한 방법을 구명하며 경삼, 근삼 등에 의한 영양번식체계를 확립한다.

4. 종자의 형성과정을 구명하는데 필요한 발생학적 연구로 자·응 배우체의 형성과 수정 후 배발달과정을 구명하여 신품종 육성의 기초자료로 활용하고자 하였다.

5. 식물조직배양법에 의한 기내 종묘의 생산 및 증식체계가 확립되어 있지 않은 바 기내 배양 시 캘러스의 유도, 기관발생과 다아체의 형성 및 체세포배의 유도과 발아에 의한 기내 종묘의 대량증식을 위한 체계확립이 요구되고 있다.

6. 분화재배를 위한 종묘의 대량생산을 위하여 기내종묘의 토양 순화체계의 확립이 요구되고 있다.

7. 유망한 자생식물인 금낭화의 산업화 및 원예화를 위해서는 고품질 분화의 주년생산 및 재배체계의 확립이 요구되고 있는 바 화아형성 요인의 구명과 더불어 주·야간 온도의 일교차, 광질, 관주액의 pH, 차광, 배양토의 혼합 비율, 1일 관수량 등에 따른 생육 및 개화 특성을 밝히고자 하였다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 금낭화 자생지의 분포, 변이체 탐사 및 자생지의 환경적 특성 조사

우리나라에 분포되어 있는 금낭화의 자생지를 조사하고, 군락지의 변이체 탐색과 더불어 전북지역 자생지에 datalogger를 설치하여 기온, 지온, 습도, 광도 등을 조사 분석한다.

#### 2. 종자의 휴면타파 및 발아율 향상 방법 개발

금낭화의 종자를 채종하여 저온처리와 더불어  $H_2SO_4$ , NaClO, kinetin, xylene,  $GA_3$ ,  $KNO_3$  등을 처리 파종하여 휴면타파 및 발아율 향상에 적합한 방법을 찾는다.

#### 3. 자·옹 배우체 형성 및 배 발달과정의 조직학적 조사

금낭화의 화뢰와 수분 후 자방을 고정하여 자·옹배우체 형성 및 배 발달과정을 조직학적으로 밝힌다.

#### 4. 켈러스, 다아체 및 체세포배 발생과 증식의 최적 배지조건 구명

무균발아 시킨 하배축의 배양과 식물체의 마디를 기내 치상하여 성장된 정단분열조직을 배양하여 켈러스와 기관분화에 의한 다아체 형성 및 배발생적 켈러스로부터 체세포배의 유도 및 증식에 적합한 기본배지 및 성장조절물질의 조성을 구명한다.

#### 5. 기내 유식물체의 재생 및 기내종묘의 대량증식체계 확립

기관분화 및 체세포배의 발아에 의한 기내 유식물체의 재생과 기내종묘의 대량증식에 적합한 배지조건을 구명한다.

#### 6. 유식물체의 토양순화 및 종묘의 주년생산 기술개발

기내 유식물체의 토양순화는 발근하지 않은 줄기의 삽식법과 병행하여 뿌리와 신초가 발달한 정상적인 식물체를 선별하여 다양하게 조합한 상토에 이식하여 생존율을 조사하고 기내 종묘의 대량증식에 적합한 체계를 확립한다.

#### 7. 영양번식법에 의한 증식체계 확립

가. 당년에 개화묘의 생산 가능성을 연구하기 위해 생육 시기별로 경삽을 달리 실시하고 동시에 몇가지의 발근촉진제를 처리하여 이후 발근상태를 조사하여 최적의 경삽시기를 제시하였고, 금낭화 경삽에 효과가 큰 발근촉진제를 선발한다.

나. 당년의 개화묘 생산가능성을 연구하기 위하여 경삽과 동시에 근삽도 실시하여 적정 근삽시기를 제시한다.

#### 8. 화아형성에 관여하는 요인 연구

가. 년 중 원하는 시기에 맞추어 계획적인 생산을 할 수 있도록 인위적인 화아형성을 위한 적정온도를 구명한다.

나. 인위적인 화아형성을 위한 적정온도를 규명함과 동시에 에너지 낭비와 식물체에 저온피해를 줄일 수 있는 최적의 처리기간도 구명한다.

#### 9. 재배방법에 따른 생육 및 개화특성 연구

가. 낮과 밤의 일교차가 생육 및 화색에 미치는 영향을 종합적으로 점검 적정 낮과 밤의 온도를 제시한다.

나. 각 광질이 생육 및 화색에 미치는 영향을 종합적으로 점검 적정 광질을 제시한다.

다. 실내 환경에서 관주액의 pH를 달리하여 생육 및 화색에 미치는 영향을 조사하여 적정 관주 pH를 제시한다.

라. 평야지에서 차광을 달리 처리하여 생육특성을 조사한 후, 식물체의 녹색기간을 연장하고 초장 및 초폭, 화경 등의 비율이 분화로서의 관상 가치를 높일 수 있는 적정 차광률을 제시한다.

#### 10. 고품질 안정적 분화생산을 위한 재배체계 확립

연중 균일하고 안정된 금낭화 화분을 생산하기 위해서는 적정 배양토와 일일 적정 관수량을 구명하여야 하기 때문에 각각 배양토 비율과 일일 관수량을 달리 처리하여 생육 및 개화특성을 조사하고 최적의 배양토 비율 및 1일 관수량을 제시한다..

### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

#### 1. 연구개발 결과

##### 가. 자생지 분포 및 변이체 탐사

금낭화의 자생지는 제주도를 제외한 설악산, 지리산 등 전국의 산간지역에 분포하고 있었으며 주로 배수가 양호한 반음지의 계곡 주변에 자생하고 있었다. 자생지의 花色에 대한 변이체를 조사하였으나 전형적인 분홍색이 관찰되었고 자생지역과 개체에 따라 색체의 濃淡 차이가 약간 인정되었으나 변이체로 판정할 수 없었다.

##### 나. 종자의 휴면타파 및 발아율 향상 시험

종자는 6월에 채종한 후 즉시  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 냉장고에 저장한 후 이듬 해 4월  $\text{GA}_3$

3000 ppm 처리구에서 81.7% 발아하여 가장 양호하였고, 채종 1개월 후 채과한 경우에는 GA<sub>3</sub> 4000 ppm에서 61.5% 발아하여 가장 양호하였고 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 20~40분간 처리한 구는 38.5~47.8% 발아하였다. 한편 가을에 화학약품을 처리한 후 노천매장한 경우는 이듬 해 봄 파종시에는 발아가 상당히 진행되어 적합하지 않았다.

#### 다. 자·용 배우체 형성 및 배 발달과정의 조직학적 조사

금낭화의 배우체 형성과정에서 시린세포로부터 발달된 소포자 모세포는 화뢰의 길이가 1 mm일 때 감수분열을 하여 4면체형(tetrahedral) 4분자가 형성되었다. 4개의 소포자는 분리되어 각각 응성배우체로 발달하였다. 대포자 모세포는 화뢰의 길이 4~5 mm에서 관찰되었고 대포자의 발달유형은 정상형(polygonum)이었으며, 배낭의 형태는 굽어있는 곡생배주(amphitropous)였다. 3개의 뚜렷한 반측세포는 배낭이 성숙한 후에도 퇴화하지 않고 남아있었고 개화 전 자용배우체는 충분히 성숙하였다. 개화 시에 수술과 암술의 길이는 거의 비슷하거나 수술이 0.5 mm 짧아서 자화수정에 적당한 구조를 가지는 것으로 나타났다. 수정 후 배는 구형, 심장형을 거쳐 자엽배까지 발달하였으며, 종자가 산포될 때는 초기 자엽배를 가지고 있었다.

#### 라. 캘러스, 다아체 및 체세포배 발생과 증식의 최적 배지조건 구명

캘러스 발생은 무균발아 시킨 下胚軸을 MS배지에 TDZ 0.5~1.0 mg/L 단독 혹은 NAA 0.1 mg/L과 혼합첨가한 배지에서, 캘러스로부터 shoot의 재생은 kinetin 2.0 mg/L 첨가배지에서 가장 양호하였다. 다아체 유도는 0.1 mg/L NAA + 2.0 mg/L kinetin 첨가배지에서 효과적이었다. 대량생산을 위한 기내 배양시스템 연구에서 1.0 mg/L 2,4-D SH고체배지에서 유도된 배발생캘러스를 현탁배지에서 증식시킨 결과, 동일한 조성의 MS배지에 비해 증식률이 높게 나타났으며, 체세포배 발생률은 1/2배 SH기본배지에서 가장 높게 나타났다. 250 mL 삼각플라스크에서 5,000개 이상의 고빈도로 體細胞胚가 생산되었다.

#### 마. 器內 유식물체의 재생 및 기내종묘의 대량증식체계 확립

기내 종묘는 shoot를 2~3cm 길이로 잘라 기내 插植하여 대량증식이 가능하였는데 0.5 mg/L IBA와 kinetin을 혼합첨가한 MS배지에서 뿌리의 발생과 shoot의 생장이 양호하였다. 체세포배의 발아 유도 시에 GA<sub>3</sub>는 정상적인 식물체로의 재생을 억제하는 효과를 나타내었으며, 1/2희석 SH배지에서 정상적인 식물체로의 재생이 양호하였다. 유식물체는 통기성이 좋은 배양용기에서 생육이 좋았다.

#### 바. 유식물체의 토양순화 및 종묘의 주년생산 기술개발

다아체에 의한 기내 식물체의 토양순화는 유식물체를 5cm 내외로 절취하여 루톤을 처리한 다음 원예용 상토를 넣은 프리그 묘판에 삽식하고 R.H. 90%의 배양상에서 관리하였을 때 1개월 후 95% 내외의 생존율을 보였다. 한편 체세포배로부터 발아된 기내 신초와 뿌리가 발생한 유식물체를 모래와 원예용상토가 5 : 1로 혼합된 토양을 넣은 포트에 이식하였을 때 1개월 후 58%의 생존율을 나타내었다. 본 실험에서 건전한 종묘의 주년 대량생산은 체세포배의 발아법 보다는 다아체의 삽식법에 의한 증식이 양호하였다. 특히 희소성이 높은 흰색 금낭화를 이 시스템으로 기내 증식할 경우 경제성이 높을 것으로 판단되었다.

#### 사. 영양번식법에 의한 증식체계 확립

莖插시기는 4월 17일 생육 초기에 옥시베린을 처리하여 실시하는 것이 발근율을 향상 시켰으며, 根插은 맹아전이나 잎의 夏枯 이후에 실시하는 것이 根源基 형성이 잘 되었다

#### 아. 화아형성에 관여하는 온도 요인 구명

금낭화 묘의 인위적인 휴면타파를 위해서는  $-2^{\circ}\text{C}$ 와  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 8주일 이상 처리 시 95%이상 萌芽하여 효과적이었고, 개화를 위해서는  $-2^{\circ}\text{C}$ 는 8주일 저장에서, 그리고  $4^{\circ}\text{C}$ 는 12주일로 저장할 경우 80%이상을 개화시킬 수 있었다.

#### 자. 재배방법에 따른 생육 및 개화특성 연구

##### 1) 일교차가 생육 및 개화에 미치는 영향

日較差 온도  $25/15^{\circ}\text{C}$ 에서 花穗長과 小花數가 현저하게 증가하여 관상가치를 향상시켰고,  $25/15^{\circ}\text{C}$ 에서 붉은색을 나타내는 a값이  $25/20^{\circ}\text{C}$ 와  $25/25^{\circ}\text{C}$ 보다 높게 나타났으며, 실제 花被내 anthocyanin 함량도  $25/15^{\circ}\text{C}$  처리구에서  $2.60\text{mg}/100\text{g}$ 로 가장 높았다.

##### 2) 광질의 종류에 따른 화색의 변화

생육 및 개화품질은 white광에서 우수하였고, 화색발현은 red광에서 가장 우수하였다. Blue광 처리는 광합성과 증산, 생육 및 화색 등에서 전체적으로 가장 낮은 수치를 보였다.

##### 3) 실내에서 관주액의 pH에 따른 화색의 변화

花莖數, 花莖長, 화수장, 총 소화수 등 개화특성은 및 화색발현이 pH 4에서 가장 우수하였다.

#### 4) 차광에 따른 생육 및 개화특성

70% 차광 시 초장은 40cm 내외로 안정적이었고 草幅은 65cm 이상으로 가장 넓었으며, 화경장은 60cm로 다른 처리와 비슷하게 조사되어 70% 차광 시 가장 관상 가치가 높았다. 開花終의 경우 70% 차광에서 5월 6일로 가장 늦었고, 무차광이 4월 29일로 가장 빠르게 나타나 무차광 대비 70% 차광 시 7일 정도 개화가 지연되어 관상기간을 연장시키는 효과가 있었다.

##### 아. 고품질 안정적 분화생산을 위한 재배체계 확립

급액량을 평균으로 잡고 배양토 비율에 따른 개화기간은 피트모스 : 퍼라이트의 비율이 3 : 7 에서 31일로 7 : 3 대비 최대 8.7일 정도 지연되었다. 배양토 비율을 평균으로 잡고 급액수준에 따른 개화기간을 보면 200mL/일 처리에서 20일로 가장 빨랐고, 1,200mL/일 처리에서 32.7일로 가장 늦게까지 개화하여 최대 12.7일이 연장되었다. 시험 결과 배양토를 피트모스 3 : 퍼라이트 7로 혼합하여 1,200mL/일로 급액하는 것이 금낭화 분화의 관상기간을 가장 많이 연장시키는 것으로 조사되었다.

## 2. 활용에 대한 건의

가. 자·웅 배우체 형성 및 배 발달에 대한 조직학적 연구 결과는 신품종 개발에 활용할 수 있다.

나. 종자의 발아율이 저조하여 증식에 많은 애로가 있었던 바 본 실험 결과를 활용하여 대량증식 하므로써 분화의 개발 및 조경용 자생화훼로 확대가 요청된다.

다. 종자번식과 함께 조직배양에 의한 다아체 및 체세포배의 발아에 의한 우량종묘의 대량 증식체계는 금낭화의 증식법으로 활용되고 생명공학 기술의 발전에 기여할 수 있다.

라. 금낭화 분화 생산체계가 확립됨으로써 유망 자생화가 새로운 농가 소득 작목으로 정착 되어 농가소득 증대 및 영농규모 확대에 기여할 수 있도록 적극적인 홍보 및 현장점목 연구 사업이 요구되어진다.

마. 재배법 개발에 의한 안정적인 분화 생산체계가 확립됨으로써 자생지 남획방지와 생태환경이 보존 될 것으로 생각되며, 고품질 자생 금낭화의 주년생산에 의한 보급 확대로 자생화의 대중화 및 산업화에 기여할 수 있도록 생산기반 확대에 적극적인 지원이 요구된다.



## SUMMARY

Bleeding heart (*Dicentra spectabilis* LEM.), one of the indigenous plants in Korea, is a highly profitable when improved for landscape and pot plant. But it hasn't been studied a lot yet so, this study was carried out to research on the distribution of native habitat, improvement of seed germination, gametophyte formation and zygotic embryo development, mass propagation of *in vitro* seedlings, temperature effect for flower bud formation, some factors on growth and flowering characteristics, and tried to establish for culture system of producing pot plant.

### **1. The distribution of native habitat and variant survey**

The native habitat of bleeding heart was ranging in the entire country of mountainous area such as Mt. Sorak and Mt. Chiri etc., excepts Jeju-Island and mainly it was growing spontaneously around valleys of semi-shaded places with good drainage. We investigated the variant on petal color in native habitat and typical pink was observed. Although we admitted the difference of darkness and lightness in color according to native habitat and individual plants, we couldn't accept as a variant.

### **2. Seed dormancy breaking and improvement for germination rate**

After the seeds were harvested in June, it was immediately stored in refrigerator at  $5 \pm 2^\circ\text{C}$  and then germinated by 81.7% in the treatment with GA<sub>3</sub> at 3000ppm on April next year. In case of sowing after harvesting one month later, it was good germinated in the treatment with GA<sub>3</sub> at 4000ppm as 61.5%. There was germinated at 38.5 to 47.8% with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> treatment for 20~40 minutes. On the other hand, it was not suitable when it was sown in spring next year after chemical treatment in autumn and storage in ground because it's germination was fairly exceeded.

### **3. Histological examine for female · male gametophyte formation and embryo development**

Microspore mother cells developed from archesporial cells, started meiosis when flower bud length reaches around 1 mm, formed tetrad of tetrahedral type. The 4 microspores were separated and developed to male gametophyte respectively. Megaspore mother cells were observed when flower bud length with 4~5 mm. The developmental type of megaspore was polygonum and embryo sac was amphitropous. Three large and distinctive antipodal did not degenerated and remained after embryo sac was matured. When the male and female gametophyte was fully developed, the length of stamen and style was very similar or stamen was shorter about 0.5 mm on flowering time. This result indicates that this structure was suitable for self-fertilization in this species. After fertilization, zygotic embryos were developed through globular, heart and cotyledonary stage and zygotic embryo was an early cotyledonary stage on seed scattering time.

#### **4. Proper medium condition for callus, multi-shoots, somatic embryo-genesis and multiplication**

The embryo formation was good using aseptically germinated hypocotyl cultured on MS medium supplemented with TDZ at 0.5 to 1.0 mg/L only or mixture with NAA at 0.1 mg/L. In case of multi-shoots, it was effective when cultured on the medium with NAA at 0.1 mg/L and kinetin at 2.0 mg/L. In the *in vitro* culture system for mass production, after embryogenic callus induced on SH solid medium with 2,4-D at 1.0 mg/L was suspension cultured, the callus proliferation rate was higher than that of MS medium with same plant growth regulator. Half-strength of SH medium was the best for somatic embryo formation, more than 5,000 somatic embryos were produced per 250 mL flask.

#### **5. Establishment for the regeneration of *in vitro* plantlet and mass multiplication system**

Mass production was possible through excising *in vitro* seedlings by 2~3 cm and then *in vitro* planting. Root formation and shoot growth were good in the MS medium added with IBA and kinetin at 0.5 mg/L. GA<sub>3</sub> inhibited the

regeneration into normal plant when inducing germination of somatic embryo and while half-strength of SH medium was good for regeneration into normal plant. Plantlet was growing well in culture vessel with good air permeability.

#### **6. Soil acclimatization and technic development for year-round production of seedling**

After cutting *in vitro* stems into 5 cm long using multi-shoot, then treating roton, they were planted in plug cell supplemented with horticultural soil and kept in culture bed under the 90% of R.H. and they were survived around 95% until 1 month later. On the other hand, plantlet formed in vitro shoots with roots germinated from somatic embryo were planted in mixture of sand and horticultural soil; 5:1 and survived at 58% 1 month later. This result indicated that cut planting of multi-shoot was better for year-round production of seedling than plantlet induced by the germination of somatic embryo. Particularly, if white bleeding heart with rarity were produced by the cut planting of multi-shoot, it could be highly profitable.

#### **7. Establishment for multiplication system by vegetative propagation**

Stem cutting improved root formation rate with treatment of Oxyberin in the early growth stage on April 17, and root cutting before sprout or after summer depression was good for formation of root primordium.

#### **8. Effect of temperature on floral formation**

The seedling was kept at  $-2^{\circ}\text{C}$  and  $4^{\circ}\text{C}$  for more than 8 weeks for dormancy breaking artificially and it was effective for sprout and resulted in sprouting above 95%. Seedling was stored at  $-2^{\circ}\text{C}$  for 8 weeks and  $4^{\circ}\text{C}$  for 12 weeks in order to flowering and then flowered above 80%.

#### **9. Growth and flowering characteristics by culture method**

The value of herbaceous ornamental was improved by remarkably increasing with spike length and the number of florets when grown at  $25/15^{\circ}\text{C}$  treatment of daily range. And 'a' value of the petals, which

indicates the degree of red color, was greater at 25/15°C treatment than at 25/20°C or 25/25°C. Actually, the amount of anthocyanin pigment in petal was the highest at the 25/15°C treatment. The white light treatment was the most effective in promoting vegetative growth and flower quality of bleeding heart, while petal color became the best when grown under the red light condition. In contrast, the blue light treatment was the worst for some parameters such as photosynthesis and transpiration, growth, and petal color. According to pH of irrigation solution indoor, flower characteristics such as flower stem number, stem length, spike length, floret number, and flower color development were the best in pH 4. Shading method at 70% improved the value of herbaceous ornamental having stable plant height with around 40 cm, the broadest plant width with over 65cm and the same flower stem length as other treatment

#### **10. Establishment of culture system for high quality and stable pot plant production**

When compared with average of flowering period according to culture soil supplied with the average amount of irrigation, 3 : 7 of peat moss and perlite medium was the most effective in increasing the flowering period up to 31 days, which extended flowering period by about 8.7 days, compared to 7 : 3 of peat moss and perlite culture medium. When compared with average of flowering period according to amount of irrigation with average culture media ratio, the amount of irrigation also affected the flowering periods. The irrigation treatment at 1,200 mL per day was the most effective in increasing the flowering period up to 32.7 days, compared to that at 200 mL per day (20 days). As a result, a combination of 3 : 7 of peat moss and perlite medium and 1200 mL per day irrigation were selected as an optimal condition for extending ornamental periods of the potted bleeding heart plants.

## CONTENTS

Chapter 1. Introduction of research project	17
Section 1. Objective and necessity of research	17
Section 2. Scope of research	19
Chapter 2. Recent trends of technology development in domestic and abroad	22
Section 1. Domestic	22
Section 2. Abroad	23
Section 3. Position state of the study in present of the world	23
Chapter 3. Major research and results obtained	25
Section 1. Materials and Methods	25
Section 2. Results and Discussion	30
Section 3. Summary	119
Chapter 4. Achievement degree of objective and contribution degree to concerned field	124
Section 1. Achievement degree of objective	124
Section 2. contribution degree to concerned field	125

Chapter 5. Application plan of the results	129
Section 1. Application to other field	129
Section 1. Plan for industry	129
Chapter 6. Collected Scientific informations through the research project	130
Chapter 7. References	132

# 목 차

요약문	3
Summary	9
Contents	13
목 차	15
제 1 장 연구개발과제의 개요	17
제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성	17
제 2 절 연구개발의 범위	19
제 2 장 국내·외 기술개발 현황	22
제 1 절 국내기술 현황	22
제 2 절 국외기술 현황	23
제 3 절 연구결과가 국내·외 기술개발 현황에서 차지하는 위치	23
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	25
제 1 절 재료 및 방법	25
제 2 절 결과 및 고찰	30
제 3 절 적 요	119
제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도	124
제 1 절 목표 달성도	124
제 2 절 관련분야의 기술발전 기여도	125

제 5 장	연구개발 결과의 활용 계획	129
제 1 절	타 연구에의 응용	129
제 2 절	기업화 추진방안	129
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	130
제 7 장	참고문헌	132



# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 기술적 측면

가. 금낭화(*Dicentra spectabilis* LEM.)는 현호색과에 속하는 숙근성 다년초로서 아시아와 북아메리카에 약 10여종이 분포하고 있으며 우리나라에도 2종이 알려져 있는데, 예로부터 며느리주머니, 며늘취, 덩굴모란 등으로 불리는 이 식물은 관상용으로 사랑받고 있으며 전국 산속의 배수와 보습이 좋은 반그늘진 곳이나 계곡 주변에 자생하고 있다.

나. 금낭화는 1개의 삭과속에 15개 내외의 종자가 형성되는데 발아가 극히 곤란하여 대량증식에 문제점으로 지적되고 있으며 분주에 의한 증식은 효율이 매우 낮다.

다. 전북 완주군 동상면에는 3만여평에 이르는 전국 최대의 자생군락지가 알려져 있고 개발 가치가 유망한 자생화로서 빠른 성장기간에 비해 개화기간이 길어 조경용이나 분화용으로 적합한 장점이 있으므로 이러한 야생화시장에서 자생화핵으로서 매우 중요한 가치가 있다.

라. 종자의 발아가 극히 곤란하고, 영양번식체계가 확립되어 있지 않다.

마. 종자의 형성과정을 구명하는데 필요한 자·웅배우체의 형성과 배발달과정이 구명되어 있지 않다.

바. 영양번식법 확립을 위한 조직배양법으로 기관발생 및 체세포 배발생에 의한 기내종묘의 대량생산 시스템의 구축이 요청된다.

사. 최근 자생화에 대한 관심과 수요가 높아지고 있으나 생산기술체계가 확립되지 않아 고가로 거래되고 있어 대중화의 걸림돌이 되고 있다. 따라서 유망 자생화에 대한 우량묘의 대량생산과 관상가치를 높이기 위한 기술개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

아. 인위적인 개화유도를 위한 온도 및 호르몬처리 등 외부 처리조건에 대한 연구가 이루어져 단시간에 효과적으로 화아를 유도할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

자. 금낭화는 1개월이 넘는 개화기와 분홍색의 소화들이 곡선의 화경을 따라 아

름답게 피기 때문에 관상가치가 높은 자생화로 분류된다. 그러나 광이 약한 실내에 들어왔을 때에 화색이 퇴화되고 도장되는 단점을 갖고있기 때문에 분화용으로 개발하기 위해서는 주·야간 온도, 광질, 토양산도 등에 대한 생장과 화색발현 특성 등 기초적인 연구들이 이루어져 안정적으로 고품질의 분화를 생산할 수 있는 기술체계의 확립이 필요하다.

카. 금낭화는 평지에서 4월 중순부터 개화하기 시작하여 6월 하순이후에는 개화가 정지하고 지상부가 하고되기 시작하여 7월 하순에는 지상부가 완전히 고사하게 된다. 따라서 관상가치를 연장하기 위해서는 지상부의 하고현상을 최대한 지연시키고 잎의 녹색기간을 연장시키는 기술개발이 요구된다.

파. 분화로서의 재배가치가 높은 바 고품질의 안정적인 분화생산을 위해서는 대량증식에 의한 기내 묘의 생산, 포트 순화 및 묘목생산, 분화재배 기술개발 등에 관한 일련의 재배체계의 확립이 요청되고 있다. 또한 양액재배 체계의 확립이 필요한데 이를 위해서는 적정 배양토 비율과 일일 양액 관수량이 구명되어야 한다.

## 2) 경제·산업적 측면

가. 국내 야생화 시장규모는 1998년을 기준으로 재배면적이 약 80ha, 농가 수는 200여 농가로 추정되며 해마다 증가 추세에 있다. 재배는 전국적으로 이뤄지고 있으며, 주로 경기도 지역을 중심으로 생산되고 있는데 소비는 전체의 약 80%정도가 도로변이나 공원 등의 조경용으로, 나머지 20%가 꽃시장을 중심으로 한 분화용으로 이용되고 있다.

나. 농가에서는 단순과종 또는 굴취, 분주하는 형태로 생산 및 판매를 하고 있기 때문에 품질이 떨어지며, 농가 소득증대 및 영농규모확대를 위한 신작목으로 정착이 되지 못하고 있다.

다. 금낭화의 대량 생산체계가 확립되지 않아 소량생산에 의해 가격이 높게 형성되어 있고 생산이 불안정하기 때문에 대중화 및 산업화의 걸림돌이 되고있다.

라. 유망자생식물인 금낭화의 산업화 및 원예화를 위해서는 주년생산 기술개발이 필요한데 이를 위해서는 개화에 직접적으로 영향을 미치는 개화 유도요인의 구명이 우선적으로 이루어져야 한다.

마. 고가의 분화수입으로 외화가 낭비되고 있는데, 유망한 자생식물인 금낭화를 관상가치가 높은 분화로 개발함으로써 수입 대체 효과를 가져올 수 있을 것으로 생

각된다.

바. 금낭화의 대량증식과 고품질 분화재배체계의 확립은 금낭화를 수출 유망작목으로 전환할 수 있다.

### 3) 사회·문화적 측면

가. 전북 완주군 대아수목원의 자생지에서는 매년 5월 5일을 전·후하여 금낭화축제를 실시하고 있는 바 금낭화에 대한 연구·개발은 사회·문화적 부가가치가 높다.

나. 최근 자생화훼에 대한 관심이 고조되면서 우리 꽃의 가치가 높게 평가되고 있으며 우리나라 식물 유전자원의 개발과 보존이 절실하게 요청되고 있다.

다. 관상가치는 매우 높으나 재배법이 개발되지 못하여 일부 소비자나 유통업자 등에 의한 무분별한 남획으로 생태환경 파괴가 우려된다.

라. 조경식물로 우리 꽃이 많이 재식되고 있는데 그 수요량에 비하여 증식이 어려워 일반화되지 못하고 있는 바 이러한 시점에서 대량증식법의 개발과 분화재배체계의 확립은 보다 가까이에서 우리 꽃을 감상하게 하므로써 우리나라 국민의 정서함양은 물론 사회, 문화적 측면에서 개발의 가치가 높다.

마. 유용한 유전자원의 보유가 국가 경쟁력으로 인식되고 있는 UPOV시대에 자체적으로 경쟁력 있는 신 화훼를 개발하고 보유함으로써 국가의 위상이 증진될 것으로 생각된다.

## 제 2 절 연구개발의 범위

### 1. 전국의 금낭화 자생지 분포 조사 및 변이체 탐사

### 2. 자생지의 환경적 특성 조사

전국 최대 자생지인 전북 완주군 고산면 대아수목원 자생지의 지온 및 기온, 광도 등을 조사한다.

### 3. 종자의 휴면타파 및 발아율 향상 방법 개발

종자에 GA<sub>3</sub> 등 화학물질, 저온저장 등을 처리하여 휴면을 타파하고 채파 등 파종시기를 달리하여 발아율 향상을 위한 적정 처리를 구명한다.

### 4. 자·웅 배우체 형성 및 배발달과정의 조직학적 구명

화뢰의 크기별 및 수분 후 시기별로 고정하고 절편을 제작하여, 자·웅 배우체 형성 및 배발달과정을 조직학적으로 검정한다.

5. 켈러스, 다아체 및 체세포배 발생과 증식의 최적 배지조건 구명

종자를 무균발아 시킨 후 하배축을 배양하여 다아체의 유도 및 배발생능 켈러스와 기내 체세포배발생에 요구되는 최적배지 조건을 구명한다.

6. 켈러스 및 체세포배로부터 유식물체 재생 및 대량증식의 최적조건 구명

켈러스로부터 발생한 다아체를 생장 시키고 체세포배를 발아시켜 식물체를 재생 시키고 생육에 필요한 최적조건을 구명하여 묘목의 대량증식을 기한다.

7. 유묘의 기내 순화조건 및 유식물체의 최적 토양 순화조건 구명

8. 영양번식법에 의한 증식체계 확립

가. 당년에 개화 묘의 생산 가능성을 연구하기 위해 생육 시기별로 경삽을 달리 실시하고 동시에 몇 가지의 발근촉진제를 처리하여 이후 발근상태와 활착률 등을 조사하고 최적의 경삽시기를 제시하도록 하고, 금낭화 경삽에 효과가 큰 발근 촉진제를 선발하도록 한다.

나. 당년의 개화 묘 생산가능성을 연구하기 위하여 경삽과 동시에 근삽도 실시하여 발근 및 활착률 조사에 근거하여 적정 근삽시기를 제시하도록 한다.

9. 화아형성에 관여하는 요인연구

가. 인위적인 화아형성을 위한 적정온도를 구명하여 년 중 원하는 시기에 맞추어 계획적인 생산을 할 수 있도록 한다.

나. 인위적인 화아형성을 위한 적정온도를 구명함과 동시에 에너지 낭비와 식물체에 저온피해를 줄일 수 있는 최적의 처리기간도 구명하도록 한다.

다. 온도 및 기간을 처리 후 화아 형성을 확인하여야 하고, 이후 생육도 조사가 되어져 개화기간 관상가치 등을 고려한 적정 온도 및 기간을 설정하여야 한다.

10. 재배방법에 따른 생육 및 화색반응 연구

가. 낮과 밤의 일교차 생육 및 화색에 미치는 영향

자연광을 이용하면서 낮과 밤의 온도를 달리 처리하여 전 생육기간 동안 생육 및 성장상을 조사하고, 화색의 변화를 칼라미터를 이용 측정하며, 직접 화피내 안토시아닌함량을 조사하여 낮과 밤의 일교차가 화색에 미치는 영향을 종합적으로 점검하여 적정 낮과 밤의 온도를 제시하도록 한다.

나. 광질이 생육 및 화색에 미치는 영향

금낭화가 실내에서 화색이 퇴색되는 원인 중 광질에 대한 영향을 알아보기 위해 몇 가지 광질에 대한 생육과 성장상을 조사하고 각 광질에 따른 화색의 변화를 칼라미터를 이용 측정하며, 직접 화피 내 안토시아닌함량을 조사하여 각 광질이 화색에 미치는 영향을 종합적으로 점검 적정 광질을 제시하도록 한다.

다. 실내에서 관주액의 pH가 생육 및 화색에 미치는 영향

실내 환경에서 관주 pH를 달리하여 생육 및 화색에 미치는 영향을 조사하여 적정 관주 pH를 제시하도록 한다.

라. 차광에 따른 생육 및 개화특성 연구

평야지에서 차광을 달리 처리하여 생육기간 중 기온과 지온의 변화를 측정하고 생육 및 개화특성을 조사한 후, 식물체의 녹색기간을 연장하고 초장 및 草幅, 화경 등의 비율이 분화로서의 관상 가치를 높일 수 있는 적정 차광률을 제시하도록 한다.

#### 11. 고품질 안정적 분화 생산을 위한 재배체계 확립

연중 균일하고 안정된 금낭화 화분을 생산하기 위해서는 적정 배양토와 일일 적정 관수량을 구명하여야 하기 때문에 각각 배양토 비율과 일일 관수량을 달리 처리하여 생육 및 개화특성을 조사하고 배수의 EC, pH 와 무기이온 등을 조사하고 식물체내의 흡수된 무기이온을 분석하여 종합적으로 최적의 배양토 비율 및 1일 관수량을 제시하도록 한다.

## 제 2 장 국내 · 외 기술개발 현황

### 제 1 절 국내기술 현황

1. 금낭화의 서식지 평균기온, 수광상태, 토양수분함량 등 일부 생육환경을 조사한 결과(2000, 허 등)는 보고되어 있으나, 실제 이용을 위한 연구는 수행되지 않고 있음.

2. 금낭화는 종자의 발아가 극히 곤란한데 종자형성 기작에서 자용배우체의 형성 및 배의 발달과정을 밝힌 보고가 없음.

3. 금낭화의 종자발아에는 GA<sub>3</sub> 25ppm에 24시간 침지처리가 효과적(김과 엄, 1995)인 것으로 보고되었으나 문제를 제기하고 있으며, 금낭화 번식시 6월 15일경 근삽번식하는 것이 바람직(박, 1995)한 것으로 보고된 내용도 있어 아직 번식에 대한 정확한 체계가 확립되어있지 않은 상태임.

4. 조직배양을 통한 금낭화묘 증식시 MS+BA 0.5mg/L에 계대배양한 후 IBA 0.3~0.5+NAA 0.01~0.05mg/L에서 발근 시키는 것이 효과적(김 등, 1996)인 것으로 보고되어 있으나, 아직 실용적인 대량 증식체계는 미확립 되어있음.

5. 금낭화 삽목시 삽수조건(마디 2개포함), 삽목시기(5월중순~6월중순), 발근촉진제(IBA 1000ppm, Rooton) 선발 등 기초적인 삽목시험(고 등, 1995)은 수행되었음.

4. 살비아의 경우 광질에 따른 초장신장의 차이가 큰 것으로 나타났는데, 청색 필터광(BL)에서 초장이 가장 많이 신장하였고, 암상태(DC), 적색필터광(RL), 그리고 백색필터광(WL)순으로 초장이 신장되었음(손과 조, 2000).

5. 50% 검정 차광망을 이용 할 경우, 한지형 잔디의 여름철 하고현상을 가장 효과적으로 감소시켰고, 한국잔디의 녹색기간을 가장 늦게까지 유지시켰음(이 등, 2000).

6. Daminozide 등을 이용한 금낭화의 왜화효과에 대한 시험은 수행되었으나 재배온도에 따라 차이가 크게 나타나고, 고농도에서는 엽소 현상과 blasting 현상이 나타나 (김 등, 1999)는 문제점이 있어 이를 해결해야 적용 가능함.

7. 들깨에 착색필름을 이용한 광질 처리결과 경직경, 마디수, 새엽수량은 투명

PE, 적색, 청색, 녹색필름의 순으로 감소하였고, anthocyanine 함량은 투명 PE 필름이 기타 착색필름보다 높았음(정 등, 1998)

8. 쓰가루 품종에 UV를 조사한 결과 UV B에서 anthocyanine이 증가하여 착색 증진에 효과가 있었음(홍 등, 1996).

9. 전남 농업기술원(1998)에서는 과제 “야생화의 실용화 기술개발 및 유망 신화종 개발”에서 금낭화에 생장조절제 처리, 괴근의 굴취, 휴면타파 등이 생육과 개화에 미치는 영향을 조사하였는데 매우 민감한 반응을 보이고 있어 지속적인 검토가 있음을 지적하고 있다.

10. 경북 농촌기술원(1996)에서는 연구과제 “자생식물 신소득 작물화 연구”의 산간 지역의 재배가치가 높은 ‘야생화훼 수집선발 시험’에서 금낭화를 비롯한 15종을 굴취, 식재 및 종자의 채취 시험을 보고한 바 있음.

## 제 2 절 국외기술 현황

1.. 금낭화의 종자발아를 위한 연구로 훈연처리와 토양내 매장처리를 같이 병행할 경우 효과(1998, Keeley)가 있는 것으로 보고 되어있음.

2. 축성용 분화금낭화 생산시 광조사와 STS를 처리(1995, Christia)하여 생산 기간단축, 소화수증대, 개화기간연장 등 품질을 높이기 위한 노력들이 깊이 있게 진행되고 있음.

3. 금낭화의 세포배양을 통한 생물학적인 형질전환연구(1997, Iwasa and Kim), 잎의 형성과 전개발달 요인에 대한 연구(1994, Walton and Hufford) 등 상당히 폭넓고 깊이 있는 연구들이 수행되어왔음.

## 제 3 절 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치

### 1. 과제 수행 전 기술상태의 취약성

가. 금낭화의 전국적인 분포도 및 자생지의 환경적 특성에 대한 보고가 없다.

나. 금낭화의 발아율 향상에 관한 연구는 몇 건의 보고가 있으나 효율적인 발아율 향상 체계가 확립되어 있지 않아 애로사항으로 지적되고 있다.

다. 금낭화의 배우체, 접합자 배 등 발생학적 보고가 없다.

라. 다아체 및 체세포배발생에 의한 식물체의 재생에 관한 연구는 전 세계적으로 미진한 상태이다.

마. 금낭화의 화아분화 조건 구명이 이루어지지 않았고, 인위적인 개화유도를 위한 효과적인 외부 처리 조건에 대한 연구도 실시되지 않았다.

바. 화색발현에 대한 주/야간온도, 광질, 토양산도 등의 영향이 구명되어있지 못하였으며, 여름철 고온에 의한 조기 하고현상의 억제와 녹색기간의 연장을 위한 시도가 이루어지지 않았다.

사. 균일 분화묘 생산을 위한 일일 적정 양액공급량 및 배양토선발 등에 대한 연구가 이루어지지 않았다.

## 2. 과제 수행 후 기술개발 현황에서 차지하는 위치(전망)

가. 금낭화의 우리나라 분포 및 자생지의 환경적 특성을 밝혀 자생화의 이용에 이용될 수 있다.

나. 금낭화 종자의 발아율 제고를 위한 시험 결과는 종묘의 대량생산에 활용될 수 있다

다. 조직배양에 의한 다아체와 체세포배의 유도 및 발아, 생장, 기내종묘의 대량 증식, 토양순화 체계와 분화생산 등에 대한 시험 결과는 자생화로 가치가 높은 금낭화의 개발에 기여할 수 있다.

라. 화아분화에 미치는 온도 효과, 화색발현 특성 등에 대한 결과는 고품질의 분화생산에 이용될 수 있다.

마. 재배법 개발에 의한 안정적인 분화생산 체계가 확립됨으로써 자생지 남획방지와 생태환경이 보존 될 것으로 생각되며, 고품질 자생 금낭화의 주년생산에 의한 보급확대로 자생화의 대중화 및 산업화에 기여할 수 있다.

바. 해외교포들의 상품화된 자생화 구입요구에 부응하여 해외 수출을 증대시킴으로써 외화획득뿐만 아니라 교포들의 애국심 고취에도 큰 효과를 줄 것으로 생각된다.

사. 자체적인 분화용 금낭화의 생산기술개발로 UPOV시대에 roalty요구를 행사할 수 있는 경제력있는 신화훼 보유국으로써의 위상을 기대할 수 있을 것이다.



## 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 제 1 절 재료 및 방법

#### 1. 자생지 분포조사 및 변이체 탐사

우리나라에 분포되어 있는 금낭화의 자생지와 변이체를 탐색하기 위하여 1차년도에는 주로 전남·북도와 경남지역, 2차년도에는 충남·북도와 경북지역, 3차년도에는 서울, 경기도와 강원도의 자생지를 각도 농업기술원의 화훼담당자 및 식물 수집상, 또는 지방의 화원 등을 방문하여 정보를 수집한 후 직접 탐사하여 확인하거나 산림청 홈페이지에 등록된 정보를 근거로 조사하였다.

#### 2. 자생지의 환경적 특성조사

2002년 12월부터 우리나라 최대의 금낭화 자생 군락지인 전북 완주군 고산면 대아수목원 내 해발 350m 지점에 2종의 data logger(LI-1400, LI-COR, USA, SK-L200TH, Sato, Japan)를 설치하여 1시간간격으로 최고·최저 기온 및 지온, 습도 및 광도를 측정하여 분석하였다.

#### 3. 종자의 휴면타파 및 발아율 향상 방법 개발

금낭화의 종자를 매년 6월중순경 채종하여 완숙한 종자를 선별하여  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 냉장고에 보관하면서 실험을 실시하였다. 1차년도에는 이듬해 2월 초순 냉장고에 저장중인 종자의 휴면타파를 위한 화학약품으로  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5, 10, 20, 40분처리,  $\text{NaClO}$  1, 2, 4, 6%처리, kinetin 50, 100, 250, 500 ppm 처리, xylene 5, 10, 20, 40분 처리,  $\text{KNO}_3$  0.1, 0.5, 1.0, 2.0% 처리,  $\text{GA}_3$  50, 100, 250, 500, 1000, 2000 ppm 처리를 하였다. 처리된 종자는 24시간 수세하여 젖은 모래와 혼합하여 Petri-dish에 담아  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$  냉장고에 2개월간 저장한 후 4월 초순 온실내의 파종상에 파종하여 발아율을 조사하였다. 2차년도에는 12월 초순  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10~80분,  $\text{GA}_3$  250~3000 ppm,  $\text{KNO}_3$  0.5~8.0%를 처리하여 1차년도와 같은 방법으로 처리하여 4개월간 노천매장하여 파종상에 파종하였고, 채파시험은 6월 채종 1개월 후  $\text{GA}_3$  250~4000 ppm을 24시간 처리한 후 흐르는 물에 수 초간 수세하여 파종하였다. 3차년도에는 1, 2차시험에서 가장 성적이 양

호하였던 GA<sub>3</sub> 1000~5000 ppm으로 채과시험과 함께 종자를 냉장고에 저장한 후 이듬해 4월 GA<sub>3</sub>를 처리하여 파종하는 방법으로 비교하였다. 모든 시험은 온실의 파종상에서 처리당 100립씩 3반복 난괴법으로 파종하였고 발아조사는 1주일 후부터 2일간격으로 조사하였다.

#### 4. 자·응 배우체 형성 및 배 발달과정의 조직학적 조사

금낭화의 자·응배우체 형성 및 배 발달과정을 조사하기 위해, (주)파낙시아의 농장에 식재된 재료에서 화뢰가 형성되기 시작하는 것부터 종자결실기까지 각 시기별로 채취하여 사용하였다. 시료는 고정액(formalin : glacial acetic acid : 95% ethanol : D.W. = 1 : 0.5 : 5 : 3.5 v/v)에서 탈기시킨 후 48시간 이상 고정하였다. 고정된 재료는 농도별 ethyl alcohol series 탈수과정을 거친 후 조직을 paraplast로 침투시켜 포매하였다. 포매된 재료를 rotary microtome을 이용하여 8~10 µm 두께의 연속절편을 만들어서 gelatin으로 코팅한 slide glass에 그 절편을 접착시켰다. 탈 paraplast는 xylene에서 실행하였고, 염색은 1% hematoxyline과 0.5% safranin으로 이원 염색하였다. 염색된 절편을 permount(Fisher)를 이용하여 봉입하여 영구표본으로 만든 후 광학현미경(Carl Zeiss, Axiophot/Germany)하에서 비교 관찰하였다. 금낭화의 개화는 바깥 꽃잎이 구부러져 양쪽으로 벌어지는 시점으로 정하였다.

#### 5. 켈러스, 다아체 및 체세포배 발생과 증식의 최적 배지조건 구명

##### 가. 식물재료 및 살균

금낭화 종자를 6월 상순 전북대학교 농과대학에서 채취하여 5℃의 냉장고에 보관한 후 70% 에탄올로 1분간 침지, 2% NaOCl로 15분 동안 표면살균한 후 멸균수로 4회 수세하였다. 멸균된 종자는 2 mg/L GA<sub>3</sub>가 첨가된 MS배지에 치상하였다. 치상전 종자는 발아율을 높이기 위하여 종피를 칼로 잘라서 뿌리가 잘 나오도록 처리하였으며, 발아율은 치상 2개월 후에 조사하였다.

##### 나. 배발생켈러스의 유기 및 선별

배양 2개월 후 발아한 유식물체(약 4 cm 크기)의 줄기를 5 mm 크기로 잘라서 0.5~3.0 mg/L 2,4-D가 포함된 MS (Murashige and Skoog, 1962), SH (Schenk and

Hildebrandt, 1972) 배지에 각각 치상하여 8주일간 배양한 다음 캘러스 유도율을 조사하였다. 이 때 절편체는 처리구당 20개체씩 3회 반복하여 치상하였다. 캘러스 유도율은 전체 치상된 절편 중 캘러스가 유도된 절편 수를 백분율로 계산하였다. 유도된 캘러스를 호르몬을 첨가하지 않은 MS 기본배지에 계대배양한 후 체세포배 형성률을 조사하였다. 이때 배지는 MS 및 SH 기본배지에 0.8% agar와 30 g/L sucrose를 첨가한 후 pH 5.8로 조정하였으며, 배양은 온도  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  형광등  $24\ \mu\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 16h 광주기하의 배양실에서 실시하였다.

#### 다. 배발생 캘러스의 증식 및 배발생

배발생 캘러스의 증식을 위하여 고체배지에서 배발생 캘러스를 선별하고 이를 액체배지에서 현탁배양한 후  $100\ \mu\text{m}$  sieve로 여과하여 균일한 배발생 캘러스를 유도하였다. 현탁배양에 의한 배발생 캘러스의 최적증식조건을 구명하고자 1~8 mg/L의 2,4-D가 포함된 MS 및 SH배지에 각각 배양하였다. 이때 배발생 캘러스의 양은 packed volume 1 mL (1.0 g fresh weight)로 하여 250 mL 삼각플라스크에 이식하였으며, 생중량은 5일 간격으로 계대배양하여 1개월 후 측정하였다. 체세포배 발생의 최적조건을 구명하고자, 전술한 조건에서 증식된 callus를 호르몬이 제거된 배지에 치상하여 배양하였다. 이때 배지는 MS, SH배지의 희석배율을 각각 0.5, 1, 2배로 달리하여 사용하였다. 한편, 식물체의 재생을 위하여 0.1~1.0 mg/L ABA를 첨가한 배지에서 균일한 체세포배를 유도하였다.

### 6. 기내 유식물체의 재생 및 기내종묘 대량증식 체계 확립

체세포배의 최적 발아조건을 구명하고자 유도된 자엽시기의 체세포배를 MS와 SH 기본배지의 염농도를 각각 0.5배, 1배, 2배로 달리하고  $\text{GA}_3$  첨가한 고체배지에 이식하여 4주간 배양한 후 각각의 조건에서 발아율을 조사하였다. 건전한 기내종묘의 대량증식을 위하여 3 cm 내외의 줄기를 절취, 기내 삼식법에 의한 대량증식에 적합한 배지와 생장조절물질의 조성을 조사하였다.

### 7. 유식물체의 토양순화 및 종묘의 주년생산

뿌리와 신초가 발달한 정상적인 식물체를 선별하여 각각 조건별로 22개체씩 3반복으로 진행되었다. 이 실험은 주간기온  $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 야간기온  $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 습도 80% 조건의

온실에서 실시되었다. 1~3 mm 크기의 모래와 원예용 상토가 다양한 비율로 혼합된 포트에서 순화시킨 후 2주일과 4주일 후의 생존율을 조사하였다.

또한 기내 유식물체의 토양순화는 줄기를 4-5cm 길이로 잘라 루톤을 粉衣한 구와 대조구로 나누어 원예용 상토를 채운 프리그 육묘상에 삼식하여 25±2℃, 습도 90% 내외의 chamber에서 발근을 유도하여 포트에 이식하였다.

#### 8. 영양번식법에 의한 증식체계 확립

영양번식은 경삽과 근삽으로 나누어 실시하였다. 경삽시기는 출아 40일후, 60일후, 80일후 등 3처리로 실시하였고 발근촉진제는 무처리와 옥시베론, 루톤 등을 처리하여 생육상황을 관찰하였다. 근삽시기는 맹아 전, 생육기(회퇴형성기), 夏枯직후, 하고 3개월 후 등으로 나누어 6처리를 실시하였다. 발근율, 활착률 및 근권부 생육특성을 조사하였다.

#### 9. 화아형성에 관여하는 요인 구명

국내 자생종 금낭화와의 종자를 채취하여 생육시킨 1년생 묘를 이용하였다. 저온 처리는 저온고를 이용 -2, 4, 8, 12℃ 등 4처리로 설정한 후 기간은 4, 8, 12 주일 등 3처리로 두었고, 9월말 잎의 하고 이후에 화분 상태로 처리하였다. 처리 후 10℃이상 유지되는 온실에 옮겨 맹아 및 개화율 등을 조사하였고, 생육특성과 개화특성을 조사하였다.

#### 10. 재배방법에 따른 생육 및 개화특성 구명

시험재료는 국내 자생종의 종자를 채취하여 발아, 생육시킨 2년생 묘를 이용하였다.

##### 가. 주·야온 일교차가 생육과 화색에 미치는 영향

온도처리는 2003년 4월 7일 자연상태에서 화뢰가 완전히 출현한 다음 자연광이 있는 생장상으로 옮겨 주간/야간 온도를 각각 25/15℃, 25/20℃, 25/25℃로 처리한 후 생육 및 개화반응을 조사하였다. 생육조사는 생장상에 입실 후 잎이 고사할 때까지의 생육을 조사하였다. Chlorophyll 함량, 광합성 및 증산량을 조사하였고, 화색은 칼라미터를 이용하였고, 화피내 anthocyanin 함량을 분석하였다.

나. 광질의 종류에 따른 화색의 변화 구명

광처리는 2003년 4월 7일 자연상태에서 화뢰가 완전히 출현한 다음 인공광이 있는 성장상에 옮겨 처리하였다. 광 종류는 Red, Blue, Red+Blue, White 등 4처리를 실시하였다. 초장, 화색 및 개화특성, 엽록소함량, 광합성 특성, anthocyanine함량 등을 조사하였다

다. 실내에서 pH처리에 따른 화색의 변화 구명

5월 10일 화뢰가 출현한 화분을 실내( $45-50\mu\text{Em}^{-2}\text{s}$ )에 옮겨 처리하였다. pH는 3, 4, 6, 8 등 4처리로 실시하였고, 초장, 화색 및 개화특성, 녹색기간 등을 조사하였다

라. 차광에 따른 생육 및 개화특성 구명

화분에 심겨진 채로 3월 초순 맹아이후에 검정 차광망을 설치하여 처리하였으며, 차광비율은 무차광, 30, 50, 70, 90% 등 5처리로 실시하였다. 생육기간동안 기온과 지온의 특성을 조사하였고, 생육 및 개화특성 조사, 엽록소함량, 화색 및 근권부 생육 등을 조사하였다.

## 11. 고품질 안정적 분화생산을 위한 재배체계 확립

고품질 분화재배를 위한 적정 배양토 및 관수량 구명시험은 3월 10일 휴면이 완전히 타파된 묘를  $25\times 25\text{cm}$  화분에 정식하여 이용하였다. 배양액은 한국원시표준액을 이용하였고, 배양토비율은 peat moss와 perlite를 이용 7 : 3, 5 : 5, 3 : 7 등 3처리로 하였다. 1일 관수량( $\text{mL}/\text{일}$ )은 200, 400, 800, 1,200 $\text{mL}$  등 4처리로 하루에 2회 분시 하였다. 관수방법은 점적관수방법을 이용하였고, 생육 및 개화특성 조사, 양액 흡수량, 배수 pH, EC, 식물체내 무기이온흡수량 등을 조사하였다.

## 제 2 절 결과 및 고찰

### 1. 자생지의 분포조사

#### 가. 분포조사

자생지의 분포조사는 1차년도에는 주로 전남·북지역, 2차년도에는 주로 충남·북, 경남·북지역, 3차년도에는 서울과 경기도, 강원도지역을 중심으로 답사하였는데 분포지역은 아래와 같다. 금강화는 제주도를 제외한 설악산, 지리산 등 전국의 산간 지역에 분포하고 있었으며(Fig. 1) 주로 배수가 양호한 반음지의 계곡 주변에 자생하고 있었다.

- ① 전라북도 완주군 고산면 대아리 대아수목원 내 해발 300~450m 계곡
- ② 전라북도 완주군 운주면 산북리 평촌마을 대둔산 자락
- ③ 전라북도 완주군 소양면 모래재 중턱 및 소양면 대흥리 추출산 위봉마을 뒷편
- ④ 전라북도 무주군 적상면 적상산 서창~정상 근처의 계곡
- ⑤ 전라북도 완주군 운주면 대둔산 남쪽 계곡
- ⑥ 전라남도 담양군 용면 월계리 추월산 동남쪽 계곡
- ⑦ 전라남도 완도군 완도읍 정도리
- ⑧ 전라남도 구례군 범왕리 지리산 피아골계곡
- ⑨ 경상남도 하동군 화개면 대성리 의신마을 ~ 악양면의 지리산 벽소령 계곡
- ⑩ 경상남도 산청군 시천면 지리산 자락, 청학동 계곡
- ⑪ 경상남도 산청군 삼장면 지리산 장단골
- ⑫ 경상남도 합천군 가야면 가야산
- ⑬ 경상남도 함양군 마천면 지리산 백무동
- ⑭ 경상남도 밀양시 제약산, 천왕산, 표충사
- ⑮ 경상북도 청도군 상북면 가지산 운문사
- ⑯ 경상북도 청송군 부동면 주왕산
- ⑰ 경상북도 울릉군 울릉도
- ⑱ 충청북도 단양군 가곡면 소백산 천동계곡, 남천계곡 및 비로봉

- ⑱ 충청남도 태안군 안면도 조개산
- ⑳ 충청남도 보은군 내속리면 속리산
- ㉑ 경기도 가평군 하면 명지산 익근리 제2봉과 매봉, 백둔리,
- ㉒ 경기도 가평군 화악산 및 축령산
- ㉓ 경기도 남양주시 화도읍 오남면 오남리 및 호평리 천마산 자락
- ㉔ 경기도 남양주시 진천읍 천마산
- ㉕ 경기도 남양주시 백봉산
- ㉖ 경기도 양평군 용문면 연수리 용문산
- ㉗ 경기도 양평군 서종면 수입리 유명산
- ㉘ 경기도 남양주시 진접읍 광릉
- ㉙ 경기도 동두천시 소요산
- ㉚ 서울특별시 관악산, 도봉산
- ㉛ 강원도 인제군 북면 설악산 백담계곡
- ㉜ 강원도 양구군 방산면 고양골
- ㉝ 강원도 홍천군 두촌면 가리산
- ㉞ 강원도 홍천군 화천면 내삼포리 공작산
- ㉟ 강원도 춘천시 신동면 삼악산
- ㊱ 강원도 원주시 소초면 치악산 비로봉

나) 변이체 탐사

답사지역에서 개화기의 화색에 대한 변이체를 조사하였으나 전형적인 분홍색이 관찰되었고 자생지역과 개체에 따라 색체의 濃淡 차이가 약간 인정되었으나 변이체로 판정하기는 곤란하였다. 이와 같이 변이체의 발생이 잘 나타나지 않는 것은 금낭화의 花器 구조상 자가수정을 원칙으로 하는데 기인된다고 생각한다.

한편 양평군 서종면 수입리 유명산에서 자생하는 개체 중 화색이 흰색인 것을 발견하여 한국원자력연구소 금곡시험농장에 재식하였던 바 그 개체의 종자 및 식물체를 2003년 6월 분양 받아 증식하였고, 종자를 무균발아 시킨 후 하배축을 배양하여 多芽體를 획득하여 器內 종묘를 대량증식할 수 있었다.

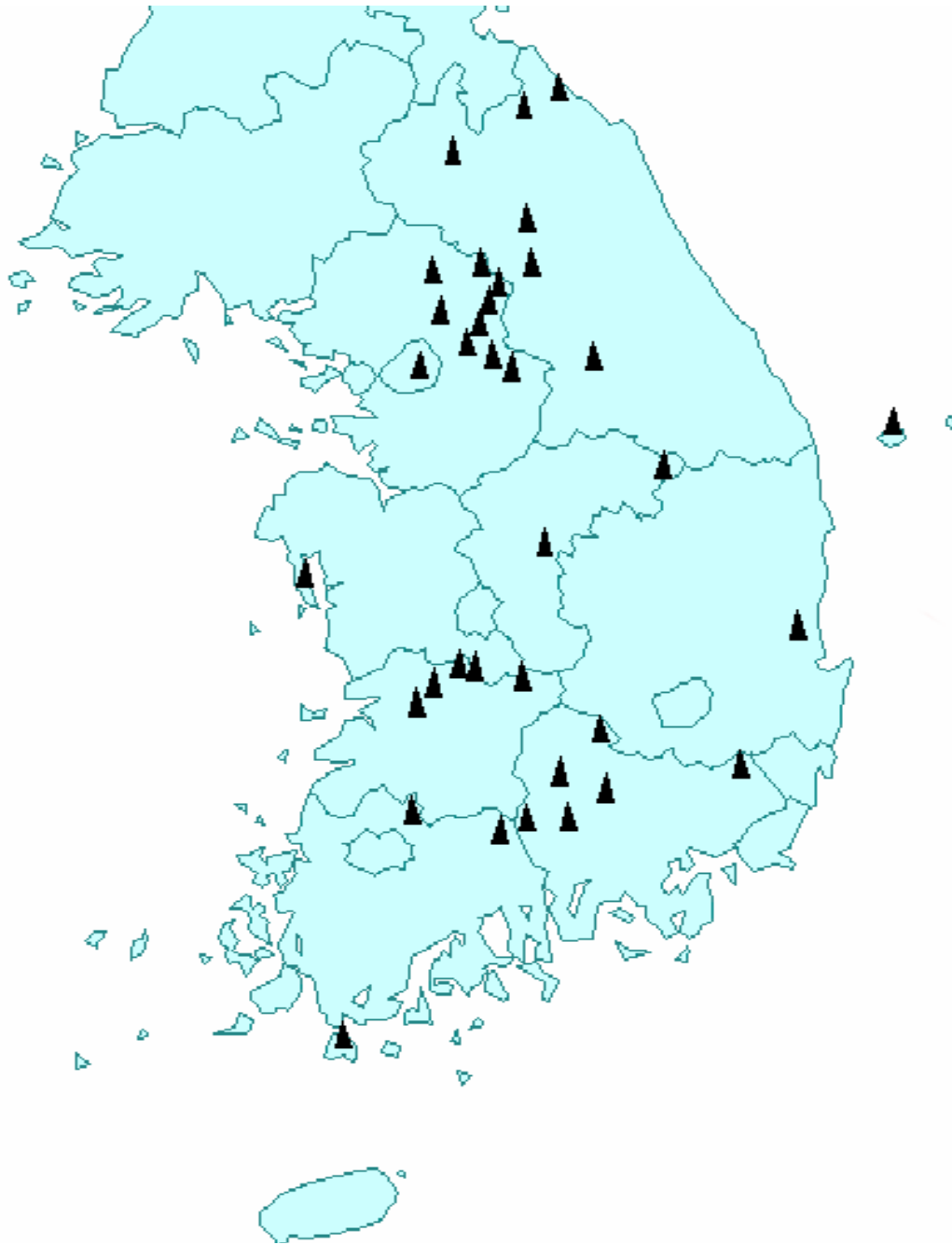


Fig. 1. Distribution of bleeding heart (*Dicentra spectabilis* LEM.) in South Korea.



## 2. 자생지의 환경적 특성 조사

전북 완주군 고산면 대아수목원 내 동남쪽 해발 약 350m 지점은 3만여평에 달하는 면적에 금낭화가 자생하고 있어 우리나라 최대의 금낭화 군락지로 알려지고 있는 바 자생지의 환경적 특성을 조사하기 위하여 2002년 12월부터 3년간 2종의 datalogger를 설치하여 1시간간격으로 최고·최저 기온과 지온 및 광도를 측정하였다.

1차년도인 휴면기의 2002년 12월 중 최고기온은 12월 3일 11.6℃, 최저기온 12월 10일 -6.9℃로 측정되었으며, 1월 중 최고기온은 4.2℃이었으나 대부분 -2℃내외를 유지하였고, 최저는 1월 5일에 -10℃로 가장 낮았다. 2월부터는 영상온도를 보였으나 최저기온은 -4~-5℃였고, 3월부터는 최저온도가 영상을 보였다. 개화최성기인 5월 중에는 최고 33℃내외, 최저 10℃내외였고 결실기인 6월 상순 이후에는 최저온도도 15℃ 이상을 보였고 결실 후 식물체는 고사하기 시작하였다. 지온과 광도는 4월 9일 이후 측정하였는데 지온은 최저 5℃ 이상, 최고 10℃ 이상이었고 평균 15~20℃를 나타냈다. 광도는 개화최성기인 5월 중에는 직사광선 최고치 평균 50~60 kLux를 나타냈다.

2차년도 조사에서도 휴면기인 2003년 12월 중 최고기온은 12월 8일 12.8℃, 최저기온 12월 20일 -7.9℃로 측정되었으며, 1월 중 최고기온은 7.9℃이었으나 대부분 -2.7℃내외를 유지하였고, 최저는 1월 21일에 -10℃로 가장 낮았다. 2월부터는 영상온도를 보였으나 최저기온은 -7~-8℃였고, 3월부터는 최저온도가 3월 8일 -8.5℃를 보였다. 개화최성기인 5월 중에는 최고 30℃내외, 최저 6℃내외였고 결실기인 6월 상순 이후에는 최저온도도 11℃ 이상을 보였고 결실 후 식물체는 고사하기 시작하였다. 지온과 광도는 4월 9일 이후 측정하였는데 지온은 최저 3.2℃ 이상, 최고 20℃ 이상이었고 평균 15~20℃를 나타냈다. 광도는 개화최성기인 5월 중에는 직사광선 최고치 평균 50~60 kLux를 나타냈다. 습도는 오전 11시~오후 3시 사이가 가장 낮은 최저 16%였고 대부분 70~90%를 나타냈으며 야간에는 포화상태인 날이 많았다. 금낭화는 하루 일조시간이 4시간 내외의 배수가 양호한 임간계곡에서 생장이 왕성하며 개화 결실이 끝난 후 7월 상순이후에는 고사하였다.

3차년도의 최종 조사결과는 1, 2차년도의 측정치를 포함한 3개년 간의 평균치를 월별로 나타냈다. 3년간 월 평균 온도는 7~8월이 가장 높아 최고온도가 28.4~28.6℃, 최저온도 19.8~20.1℃를 보였고, 4월~9월의 최고온도는 21.6~28.6℃로 비교적

균일하였다(그림 2). 1월 중 최고온도가 0.9℃, 최저 -5.6℃로 가장 낮았으며 12월~3월에는 최저 12.9~-5.6로 영하의 온도분포를 보였다. 지온의 경우도 기온과 비슷한 경향을 보였는데(그림 3) 7~8월이 최고치를 보여 최고 22.0~22.9℃, 최저 19.6~20.8℃였고 지온의 최저온도는 1~2월에만 영하권을 보여 -0.8~-1.9℃를 나타냈다. 3년간 기록에서 최저 기온은 -10℃ 이하로 낮았으나 지온은 -2℃에 못미치기 때문에 금낭화 지하부의 동사는 이루어지지 않을 것으로 판단된다. 光度는 3월~8월까지 평균 60kLux 내외였고 11월부터 이듬 해 1월까지 20kLux 이내를 나타냈다(Fig. 4). 광도는 나무그늘이 닿지 않는 곳에 센서를 부착하여 측정하였는 바 실제 대부분의 금낭화는 나무그늘 아래 반그늘진 곳에서 잘 자라므로 보다 낮은 광도가 적합하다고 생각된다.

습도는 2002년 8월부터 2003년 6월까지 1차년도에만 조사하였는데 오전 10시~오후 2시 사이가 가장 낮은 최저 20%였고 대부분 70~90%를 나타냈으며 야간에는 포화상태인 날이 많았다(Fig. 5).

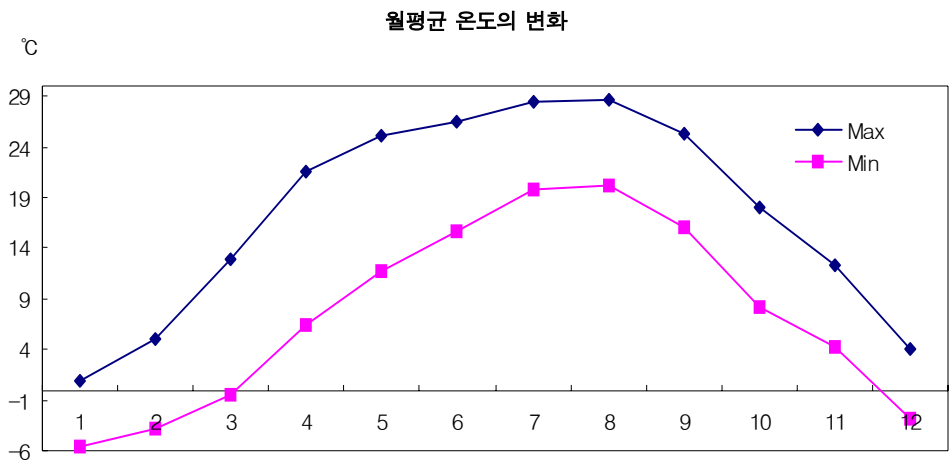


Fig. 2. Distribution of monthly maximum and minimum air temperature during 3 years (Nov. 2002.~Nov. 2005) at bleeding heart field in Daea region, Chonbuk Province.

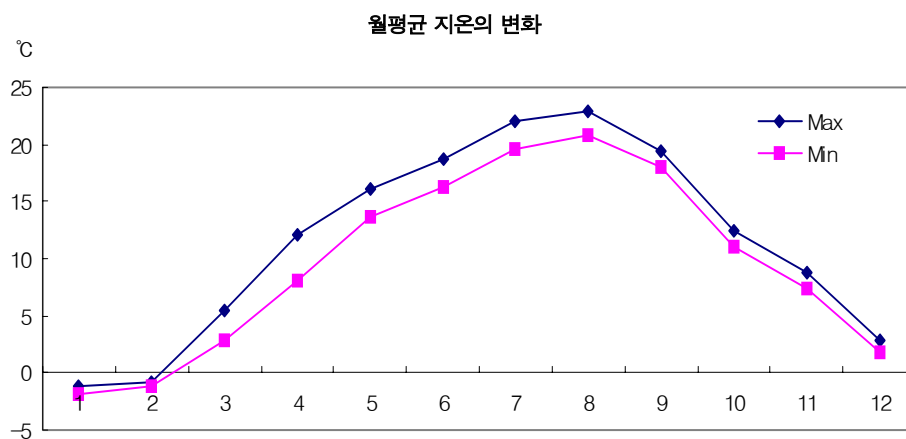


Fig. 3. Distribution of monthly maximum and minimum soil temperature during 3 years (Nov. 2002.~Nov. 2005) at bleeding heart field in Daea region, Chonbuk Province.

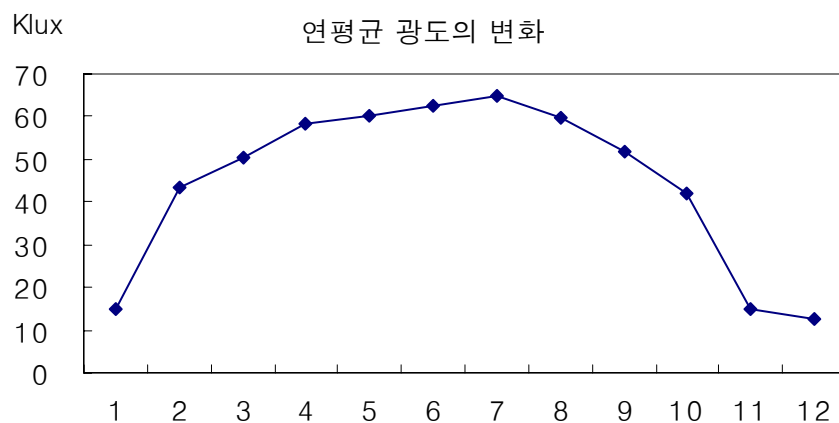


Fig. 4. Distribution of monthly light intensity during 3 years (Nov. 2002.~Nov. 2005) at bleeding heart field in Daea region, Chonbuk Province.

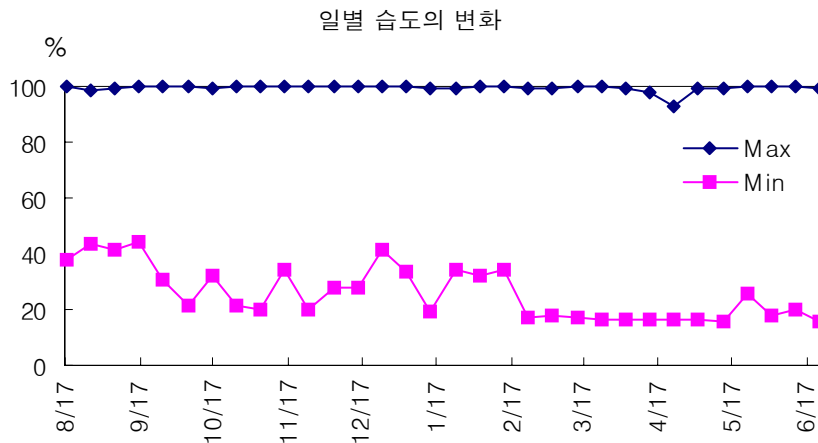


Fig. 5. Distribution of maximum and minimum air moisture contents during Aug. 2002~June 2003 at bleeding heart field in Daea region, Chonbuk Province.

### 3. 종자의 휴면타파 및 발아시험

온실내의 과중상에 과중한 종자의 발아는 과중 1~2주일 후부터 관찰되었고 6주일 후 대부분 종료되었다(Fig. 6-①).

1차년도 실험은 냉장처리 중인 종자에 각종 화학약품을 처리한 후 수세하여 짚은 모래와 혼합하여 2개월간 냉장처리한 후 과중한 결과, 대조구의 발아율은 5.5%에 불과하였으나 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 5분간 처리한 구는 대조구의 3배인 15.8%이었으며 20분 처리구가 38.5%, 40분 처리에서는 47.8%를 보여 본 실험구 중 가장 양호한 발아율을 보였다(표 1, Fig. 1-②). GA<sub>3</sub> 처리구는 50 ppm처리가 15.0%로 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5분처리구와 비슷하였으나 농도 증가에 따라 큰 차이를 보이지 않아 500 ppm처리까지 비슷하였으며 1000 ppm에서 28.2%로 약간의 증가를 보였고 2000 ppm구는 35.5%로 가장 양호하였다. NaClO 처리구는 1~6%까지의 발아율이 16.5~22.8%로 유의성을 보이지 않았으나 대조구 보다는 2~3배의 증가를 보였다. KNO<sub>3</sub> 0.1% 처리구는 대조구와 비슷하였으며 농도증가에 따라 약간의 증가를 보였으나 큰 효과를 나타내지 못하였고, kinetin과 xylene처리는 대조구와 비슷하거나 오히려 억제적인 작용을 보였다.



Fig. 6. Seed germination and cultivation in pot and vinyl house on bleeding heart. ① Germinated seedlings after 2 weeks after sowing, ② Seedlings after a month of germination, ③ Seedlings before transplanting, ④ Cultivation in pot, ⑤-⑦ flowering in pot and vinyl house.

<사진 뒷면>

Table 1. Effects of various chemicals on germination in bleeding heart

Treatment	Germ. rate (%)	Treatment	Germ. rate (%)	Treatment	Germ. rate (%)
Control	5.5 c	Kinetin 50 ppm	7.5 a	Xylene 5min.	2.0 a
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5min.	15.8 bc	100	5.5 ab	10	1.2 a
10	32.1 ab	200	2.7 ab	20	1.8 a
20	38.5 a	500	1.5 b	40	3.2 a
40	47.8 a			GA <sub>3</sub> 50 ppm	15.0 c
NaClO 1 %	16.5 a	KNO <sub>3</sub> 0.1%	7.7 ab	100	14.8 c
2	22.8 a	0.5	9.2 ab	250	15.5 c
4	18.3 a	1.0	13.2 a	500	18.5 c
6	16.8 a	2.0	12.0 ab	1000	28.2 b
				2000	35.5 a

\* 약품처리후 24시간 수세하였고 젖은 모래와 혼합하여 5±2℃에서 2개월간 냉장처리를 한 후 파종하여 6주일 후의 발아성적임.

1차년도 실험결과에 따라 2차년도에는 발아성적이 양호하였던 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 GA<sub>3</sub>를 처리하였는데 냉장처리한 종자를 11월 11일 GA<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 등 화학약제를 처리하고 모래와 층적처리하여 노천매장한 후 이듬해 봄 온실에 파종한 종자의 발아는 파종 1주일 후부터 관찰되었고 6주일 후 종료되었는데 대조구의 발아율은 3.8%에 불과하였으나 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 10분간 처리구는 13.7%를 대조구보다 3배 증가하였고 20~40분 처리구는 20.3~24.3%를 보여 가장 양호하였고 80분 에서는 9.7%로 장애가 크게 나타났다(표 2). GA<sub>3</sub> 처리구는 250~500 ppm처리가 17.7~21.0%로 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10분처리구와 비슷하였으나 1000ppm에서는 40.7%로 2배 이상 크게 증가하기 시작하여 2000ppm에서는 63.0%, 3000 ppm에서는 78.5% 급격히 증가하였고 농도 증가에 따라 양호한 발아양상을 보였다. 1차년도 성적과 비교할 때 2차년도에서는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>처리 보다는 오히려 지베렐린 처리구에서 더욱 양호한 성적을 보였고 농도에 따라서는 80% 가까운 높은 발아율을 보였다. 이와 같은 결과는 처리방법과 해에 따라 종자의 생리적 상태가 다

른 것에 기인하였다고 생각된다. 또한 금낭화의 발아를 위한 노천매장법은 이듬 해 봄 과중시 발아가 상당히 진행되어 적절하지 않은 방법이라고 판단되었다.

**Table 2. Effects of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and GA<sub>3</sub> on germination in bleeding heart**

Treatment	Germ. rate (%)	Treatment	Germ. rate (%)
Control	3.8 c	Control	3.8 e
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10 min.	13.7 ab	GA <sub>3</sub> 250	17.7 d
20	24.3 a	500	21.0 d
40	20.3 ab	1000	40.7 c
60	14.7 ab	2000	63.0 b
80	9.7 bc	3000	78.5 a

따라서 본 1차년도와 2차년도의 실험결과를 근거로 3차년도에는 GA<sub>3</sub> 만을 처리하였다. 채과실험으로 2004년도 6월 채종한 종자를 냉장고에 저장하면서 1개월 후 GA<sub>3</sub> 250~4000 ppm을 처리하여 과중하였던 바 GA<sub>3</sub> 처리구에서는 과중 2주일 후부터 발아하기 시작하였다. 대조구의 발아율은 13.3%에 불과 하였으나 250~2000 ppm 처리구는 16~29.3%를 보여 미약하나마 유의적인 증가를 보였다. 그러나 고농도구인 3,000 ppm에서 43.0%, 4000 ppm에서는 61.5%의 발아율을 보여 처리 농도가 높아질 수록 발아율이 크게 향상되었다(Fig. 7).

한편 6월 채종 종자를 냉장고에 보관하였다가 이듬 해 4월 GA<sub>3</sub> 1000~5000 ppm을 처리하여 과중하였던 바 과중 10일 후부터 발아하기 시작하였다. GA<sub>3</sub> 1000 ppm에서는 24.7%로 크게 증가하였고 2000 ppm 55.7%, 3000 ppm에서는 81.7%로 현저하게 증가하여 본 실험 중 가장 양호한 발아율을 나타냈다(Fig. 8). 그러나 고농도인 4000~5000 ppm에서는 16.3%~31.3%로 지극히 저조한 발아율을 나타냈다. 한편 대조구의 발아율은 3% 내외로 극히 불량하여 1, 2차년도의 3.8~5.5%와 비슷하였고, 채과한 경우의 13.3%에 크게 못 미쳤다. 이와 같은 결과로 미루어 볼 때 금낭화는 채과할 때 발아 성적이 양호하다는 기존의 관행적 가설을 뒷받침 한다고 볼 수 있다.



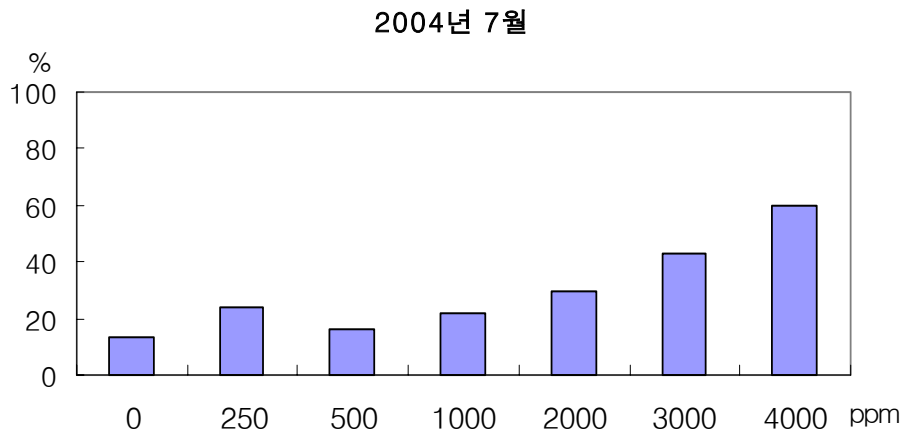


Fig. 7. Effects of GA<sub>3</sub> treatment on germination rate in bleeding heart.  
 \* Seed collection : June, 2004  
 GA<sub>3</sub> treatment and sowing : July 2004

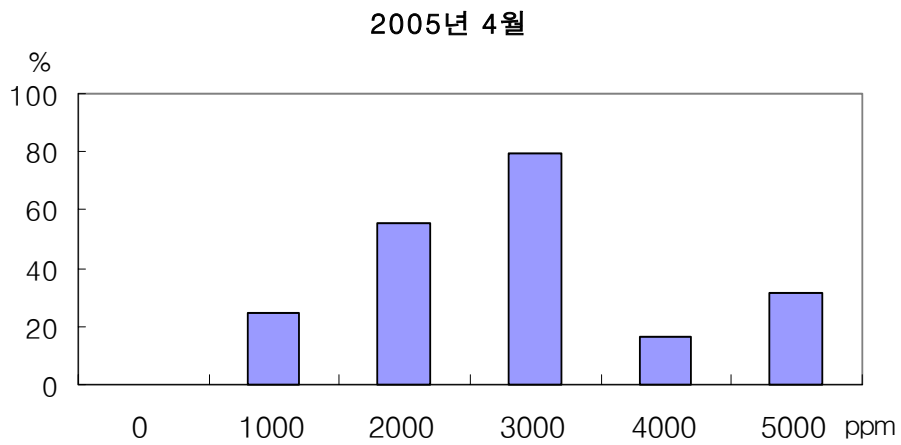


Fig. 8. Effects of GA<sub>3</sub> treatment on germination rate in bleeding heart.  
 \* Seed collection : June, 2004  
 GA<sub>3</sub> treatment and sowing : April 2005

#### 4. 자·웅배우체 형성 및 배발달과정의 조직학적 조사

##### 가. 웅성배우체(Male gametophyte)의 형성

금낭화의 雄性配偶體 형성과정을 해부학적으로 관찰한 결과(Fig. 9), 화뢰의 길이가 1 mm 정도 자랐을 때, 小孢子囊 안에 소포자모세포가 관찰되고(Fig. 9 A), 곧 첫 번째 감수분열을 시작하여 핵이 2개로 분열하여 2세포기가 된다(Fig. 9 B). 화뢰의 길이가 2~2.5 mm에서는 2핵 2분체가 형성되었고(Fig. 9 C), 화뢰의 길이가 3~3.5 mm 정도이면 2차 감수분열이 일어나 4분체가 형성되었으며, 감수분열이 일어나는 축의 상호위치에 의해 4분체 배열은 4면체형(tetrahedral type)이었다(Fig. 9 D). 일반적으로 microspore tetrad의 형태는 단자엽류에서는 쌍동측형(isobilateral type)이고, 금낭화같은 쌍자엽류에서는 4면체형이다. 4분체가 각각 분리되어 4개의 소포자를 만드는데(Bhojwani and Bhatnagar, 1974), 이때 세포가 최대로 크게 발달하였다. 화뢰의 길이가 5~5.5 mm 정도 되었을 때, 분리된 소포자는 두꺼운 소포자벽이 발달하여 둥근형태로 된다(Fig. 9 E). 소포자벽은 소포자모세포에서 4분체가 형성되어 callose에 의해 둘러싸일 때 발달하거나(Erdtman, 1969), callose가 분해된 이후 발달되기도 한다(Robertson, 1984)는 보고가 있는데, 금낭화의 소포자벽의 형성을 추적하기 위해서는 향후 전자현미경적 관찰이 요구된다. 미성숙 소포자는 세균데 지점에서 골이 형성되어 횡단면이 클로바잎 모양인 단계를 거친 후, 다시 구형이 되며, 이때 용단조직은 개화이전에 완전히 소실되어(Fig. 9 F), *Hibiscus syriacus*에서 개화시기까지 화분 주위에서 계속 분포하는 경우(Kim *et al.*, 1995)와는 상이한 결과이다. 용단조직은 화분의 성장기간 동안 계속하여 영양분을 전달시켜 주는 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Mephram and Lane, 1969; Heslop-Herrison, 1971; Esau, 1977). 한편, 화뢰의 길이가 9~10 mm 정도일 때, 소포자에서 발달한 웅성배우체(화분)는 성숙되었으며 형태는 구형을 나타내었다(Fig. 9 G). 화뢰의 길이가 20~22 mm 정도가 되면 개화되어 화분낭이 터지고 화분은 산포되었다. 성숙한 화분은 아래를 향해 있는 암술머리에 붙어서 화분관이 신장됨을 관찰할 수 있었다(Fig. 9 H).

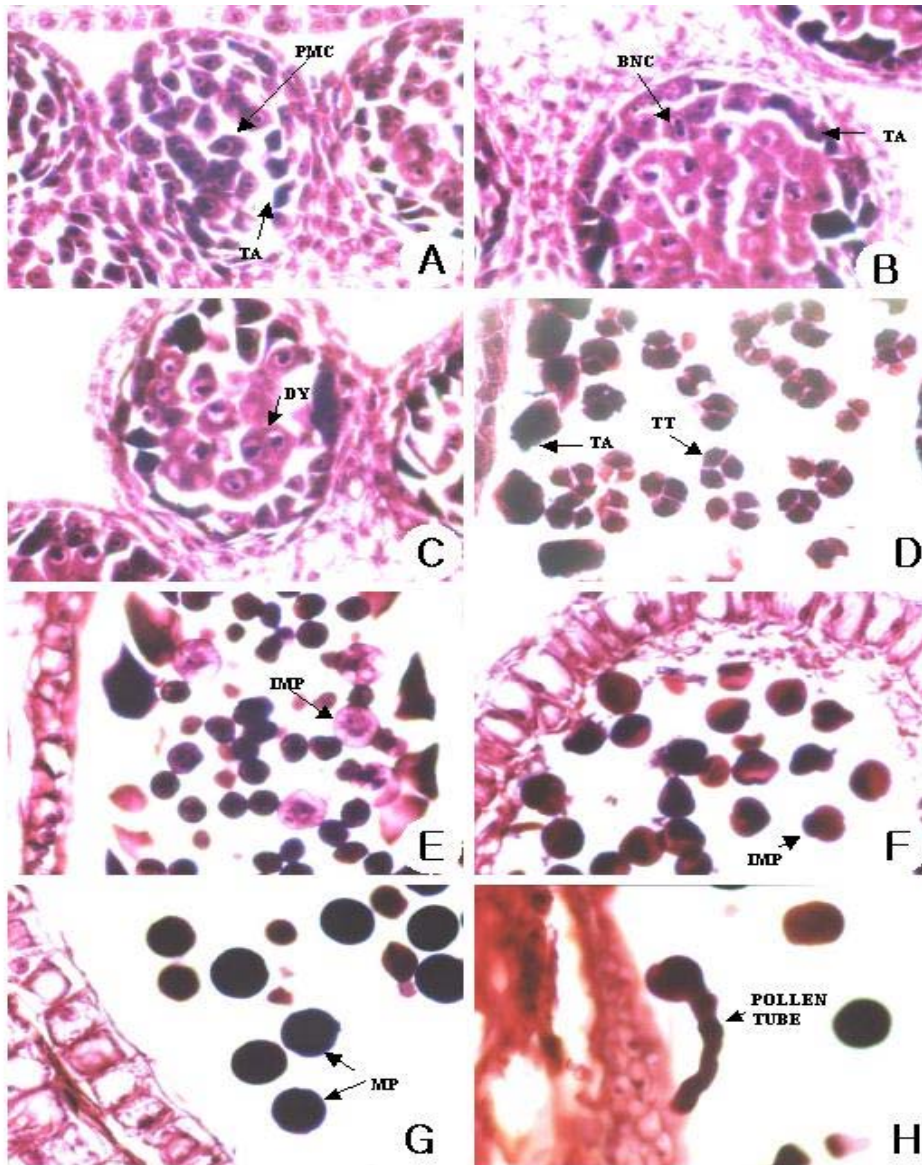


Fig. 9. Formation of male gametophyte of *Dicentra spectabilis*. A, Premeiotic pollen mother cell (x400). B, Binucleate cell at the first meiotic division (x400). C, Dyad stage (x400). D, Tetrad stage after second meiotic division (x400). E, Formation of pollen wall (x400). F, Immature pollens (x400). G, Mature pollens (x400). H, Germination of pollen (x400). PMC-Pollen mother cell, TA-Tapetum, BNC-Binucleate cell, DY-Dyad stage, TT-Tetrad stage, IMP-Immature pollen, and MP-Mature pollen.

## 2) 자성배우체(Female gametophyte)의 형성

금낭화의 자성배우체의 발달과정을 해부학적으로 관찰한 결과, 花蕾의 길이가 4~5 mm가 되면 몇 개의 포원세포가 분리되어 예비 포자세포와 예비 체벽 세포층을 형성하였고, 주변세포에 비해 크기가 큰 대포자모세포가 관찰되었다(Fig. 10 A). 2회에 걸쳐 감수분열을 마친 대포자모세포는 화뢰의 길이가 9~10 mm일때, 4개의 대포자를 형성하였다. 4개의 대포자 중 1개는 계속 발달되어 기능성 대포자(functional megaspore)가 되고, 3개는 퇴화되었다(Fig. 10 B). 그리고, 비슷한 시기의 화뢰에서 기능성 대포자의 최초 동형분열은 2핵 대포자체를 생성한 후 중앙에 대공포가 생기면서 이 핵들은 서로 반대편으로 옮겨지고, 2차 동형분열로 4핵상태가 되었다(Fig. 10 C). 두차례의 연속 동형분열로 8핵 대포자체가 형성되어 1개 핵이 중심으로 이동하고, 이어 세포벽이 형성됨에 따라 성숙한 대포자체는 3개의 반족세포와 1개의 알세포, 2개의 조세포, 2개의 극핵을 형성하였다(Fig. 10 D). 대포자낭은 정상형(polygonum)이었고, 성숙한 배주의 형태는 굽어있는 곡생배주(amphitropous)를 나타내었다(Fig. 10E). 화뢰길이가 20~22 mm정도에서 개화하는 금낭화는 개화 10일 후 완전히 굽은 배낭이 보이며, 이때까지도 반족세포는 알세포보다 염색이 진하고 뚜렷하게 관찰되었다(Fig. 10 F).

금낭화의 대포자 발생과정 중 특이한 현상은 크고 뚜렷한 반족세포가 형성됨이 관찰되었는데, 이와 같은 현상은 같은 현호색과(Corydalleae) 현호색속(genus *Corydalis* DC.) 식물에서도 거대한 핵을 갖는 반족세포의 형성에 관한 보고(Oh and Jang, 2002)와 유사하나, 여러 가지 식물에서 반족세포는 작을 뿐만 아니라 흔히 자성배우자체의 성숙 전·후, 또는 수정 후에 퇴화되는 경우가 있어 재료식물에 따라 차이가 나는 것으로 생각된다. D'Amato(1952)는 *Aconitum napellus*, *Papaver heldreichii* 및 *Hypocoum procumbens*에서 반족세포의 거대 핵내에 이질염색질의 출현이 염색체의 核內 再複製(endoreduplication)에 의해 이루어짐을 보고하였다. 금낭화의 반족세포에서 거대 핵의 형성기작에 관해서는 향후에 이루어져야 할 것으로 생각된다.

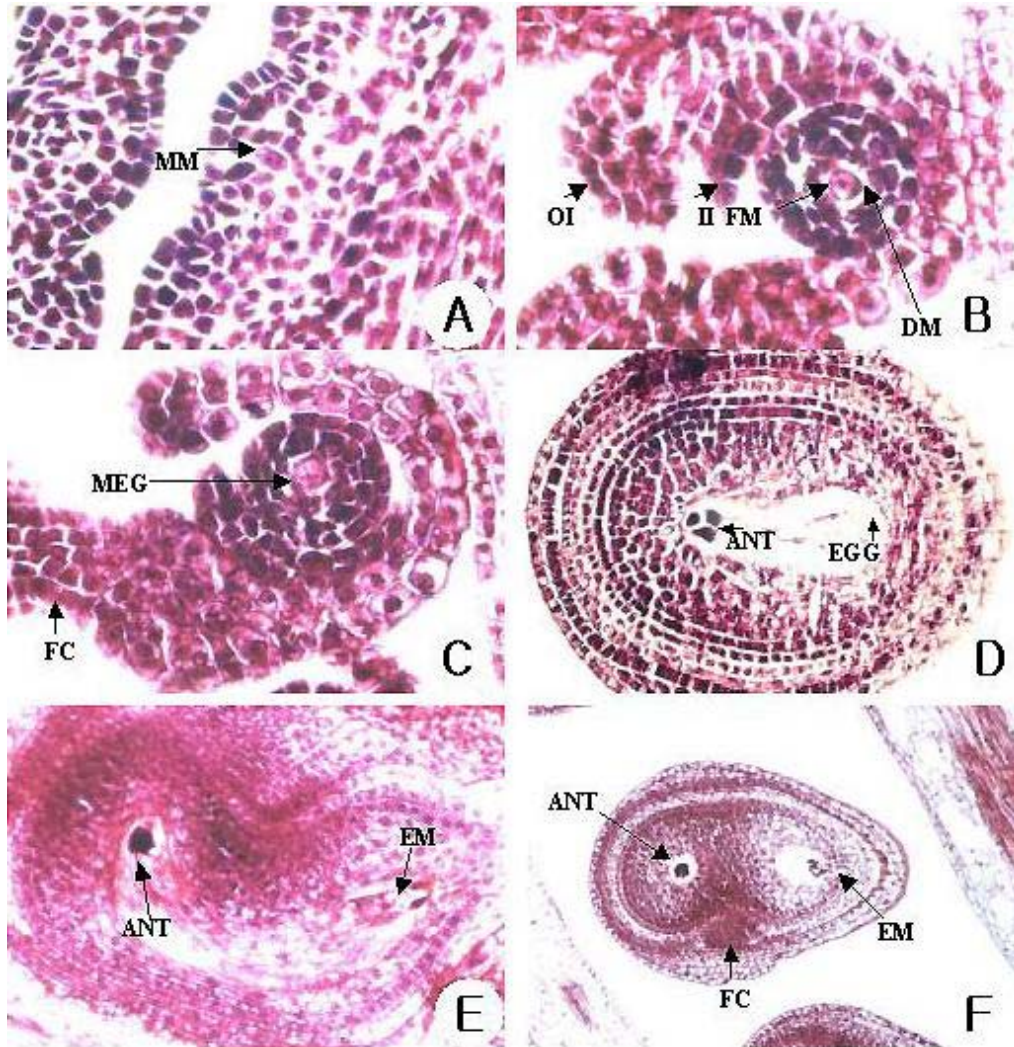


Fig. 10. Formation of female gametophyte of *Dicentra spectabilis*. A, Megaspore mother cell (x400). B, The functional megaspore has enlarged while the other three megaspores degenerated (x400). C, Four nucleate megaspore (x400). D, Sectioned embryo sac have three large antipodals, the central cell and the egg cell (x200). E, Matured embryo sac is amphitropous type (x200). F, The cross section figure of matured embryo sac.(x100). MMC-Megaspore mother cell. FM-Functional megaspore. DM-Degenerated megaspores, II-Inner integument, OI-Outer integument, ANT-Antipodal, FC-Funiculus, EGG-Egg cell, and EM-Embryo.

<사진 뒷면>

### 3) 접합자 배 발달과정

쌍자엽식물(dicotyledon)인 금낭화는 구형(Fig. 11 A, B)의 배발달 단계에서 단자엽식물과는 다르게 심장형(Fig. 111 C)을 거치게 된다. 초기 자엽형 배로 발달하면서 자엽(cotyledon), 배축(hypocotyl), 幼根(radicle)을 갖는 것으로 관찰되었다. 接合子胚의 발달과정에서 보이는 구형, 심장형, 자엽형의 발달단계는 금낭화의 體細胞胚 배양시 배발달과정에서도 동일하게 나타났다. 같은 科의 현호색속 식물 *Corydalis cava* 의 경우 종자산포시 형성되는 배는 前胚(proembryo)상태이고 성숙한 배는 종자산포 후 종자 내에서 후숙되지만(Eames, 1961), 금낭화의 경우 종자 산포시 이미 접합자배가 심장형을 거쳐 초기 자엽형 까지 발달되어 있음을 관찰할 수 있었다.(Fig. 11 D)

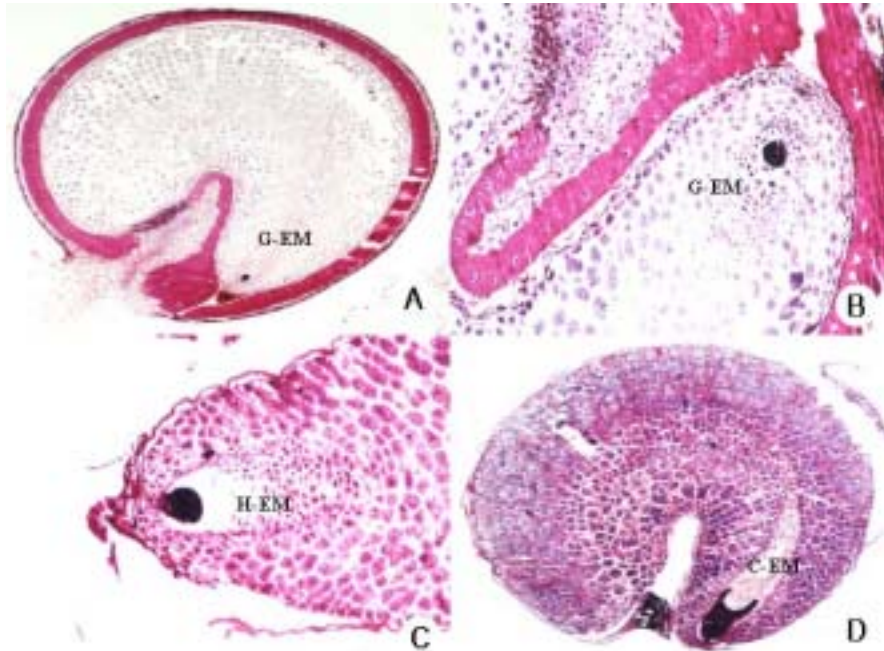


Fig. 11. Embryogenesis of *Dicentra spectabilis*. A, The seed has a globular stage embryo (x40). B, Globular stage embryo (x100) C, Early heart stage Embryo (x100) D, Cotyledonary stage embryo in seed without seed coat (x40).

#### 4) 꽃의 형태적 특징과 접합자배

금낭화의 꽃의 형태적 특징을 관찰한 결과, 일렬로 아래쪽을 향해 차례로 꽃봉오리가 발생하며 성숙해가는 발달형태를 나타내었다(Fig. 12). 금낭화는 4개의 운생체(whorl)로 구성된 전형적인 꽃이다. 가장 바깥쪽의 운생체인 꽃받침잎(sepal)은 가는 비닐모양이며, 화뢰의 길이가 15~16 mm가 될 때까지 있다가 떨어진다. 두 번째 운생체인 꽃잎(petal)은 넓은 바깥 꽃잎 2장과 좁고 긴 안쪽 꽃잎 2장이 있다. 바깥 꽃잎은 개화시 양쪽으로 구부러져 주머니모양을 만들고, 안쪽 꽃잎은 개화 후에도 꽃밥과 암술머리를 감싸고 있다가 종자 결실시에 4장이 한꺼번에 떨어진다. 세 번째 운생체인 수술기(androecium)로 이루어진 수술(stamen)은 개화 때 까지 6개가 거의 같은 길이로 성장한다. 네 번째 운생체는 심피(carpel)로 구성된 암술(pistil)이다. 심피는 씨방(ovary), 암술(style), 암술머리(stigma)의 세 부분으로 구성되어 있음을 관찰 할 수 있었다. 씨방(ovary)은 대포자낭을 가지고 있는 胚珠(ovule)를 생산한다(Fig. 12 A). 암술은 처음엔 수술보다 길이가 짧다가(Fig. 12 B), 개화 전 까지 수술과 비슷한 길이로 성장한다(Fig. 12 C), 꽃실은 구부러지고 한 개의 암술이며 열매는 삭과로 한 꼬투리 당 12~20개의 종자가 들어있다. 금낭화는 화뢰의 길이가 9~10 mm일 때 소포자가 성숙되는 것으로 나타났으며 배낭도 거의 같이 성숙되었다. 콩과 식물인 황기의 경우, 소포자와 배낭이 같은 시기에 성숙하여 소포자가 터지더라도, 암술과 수술의 길이에 차이가 있어 자화수정이 어렵다(Kim *et al.*, 2001). 이에 비해 금낭화는 암술과 수술의 길이가 거의 비슷하거나 아래쪽을 향하고 있는 암술이 수술보다 약 0.5 mm 정도 길기 때문에(Fig. 12 D), 꽃가루낭이 터지면 꽃가루가 바로 암술머리에 묻기 적당한 구조를 이루고 있음을 알 수 있었다. 또한 바깥 꽃잎이 좌우로 벌어지는 개화시에도 안쪽 꽃잎이 부분적으로 수술과 암술을 함께 감싸고 있어서 이로 인해 자화수정에 적합하다고 판단된다. 이러한 현상은 금낭화속 식물이 아시아와 북아메리카에 약 10여종이 있고, 우리나라에는 변이종인 흰색 금낭화와 분홍색 금낭화 2종만 있는 것과 밀접한 연관이 있음을 암시한다.

한편, 접합자배의 발달과정을 추적한 결과, 배는 구형, 심장형을 거쳐 자엽시기의 배까지 발달하였는데, 특히 종자 산포시에는 초기 자엽시기의 배를 형성하고 있음을 알 수 있었다.





Fig. 12. The structure of flower of *Dicentra spectabilis*. Flower bud size A, 2 mm, B, 5 mm C, 18 mm. D, Flowering stage, 22 mm (x40).

#### 4. 켈러스, 다아체 및 체세포배 발생과 증식의 최적 배지조건 구명

##### 가. 기내 종자의 발아

금낭화 종자의 기내 무균발아 효율을 조사한 결과, 무균발아 시 대조구와 2.0 mg/L GA<sub>3</sub> 첨가 배지에 배양한 경우 각각 6.7%와 8.9%로 비슷하였다. 그러나 종피의 일부를 칼로 잘라 상처를 낸 후 기본배지와 2 mg/L GA<sub>3</sub>를 첨가한 배지에서 각각 배양한 경우 42.2%, 57.8%의 발아율을 나타내었다(Fig. 13). 이상의 결과로부터 딱딱한 종피를 가진 금낭화의 기내 발아시에 GA<sub>3</sub> 처리보다는 종피 일부를 칼로 잘라내는 것과 같은 물리적인 개입이 효과적임을 알 수 있었다.

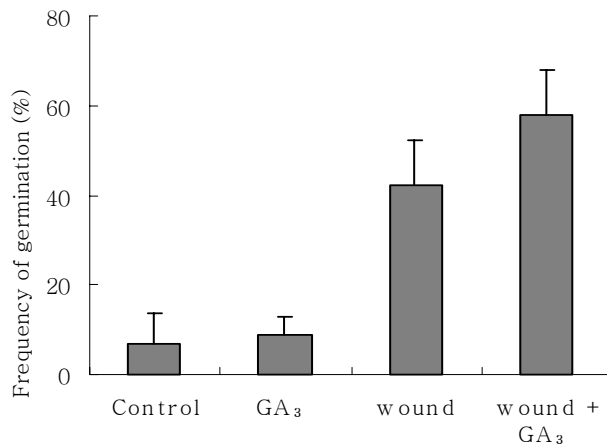


Fig. 13. Effect of physical wound on germination of zygotic embryos of *Dicentra spectabilis* after 2 months of culture.

##### 나. 켈러스 유도

무균발아된 금낭화 줄기절편을 2,4-D가 첨가된 MS 및 SH배지에 각각 8주일간 배양한 결과, 켈러스의 유도율은 MS배지에서는 0.5 mg/L와 1.0 mg/L 2,4-D 처리구에서 100%로 가장 높게 나타났으며, 3.0 mg/L 2,4-D 처리구에서는 다소 감소하였다. 한편, SH배지에서 켈러스 유도율은 0.5~2.0 mg/L 2,4-D 처리구에서는 거의 유사하게 나타났으며 3.0 mg/L 2,4-D 처리구에서는 감소하였다. 켈러스의 색깔은 모두 연노랑색을 나타내었으며, 켈러스의 유도는 전체적으로 MS 배지에서 SH배지에 비

해 양호함을 알 수 있었다(Table 3).

금낭화의 종자는 3℃에서 90일간 냉습처리에서도 발아하지 않아 휴면기간이 상당히 긴 것으로 보고하였으나(Kim and Chung 2001), 본 연구에서는 15℃에서 2개월간 저온 배양 후 25±1℃로 옮겨 변화를 조사하였기 때문에 휴면타파가 이루어지지 않아 아주 낮은 callus 발생률을 보인 것으로 판단되며 차후 더 낮은 온도에서의 배양과 종자의 성숙도에 따른 차이, 휴면타파 처리 등에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

**Table 3. Callus induction rate of *Dicentra spectabilis* on MS, SH media after 8 weeks culture**

2,4-D (mg/L)	Callus induction (%)	
	MS medium	SH medium
0	0	0
0.5	100	93.3±5.8
1	100	96.7±5.8
2	96.7±5.8	93.3±5.8
3	86.7±5.8	83.3±5.8

Data represent the mean ± SE of three replicates.

한편 MS기본배지에 성장조절물질을 달리 첨가한 배지에 종자를 기내 치상한 후 callus발생률을 조사한 결과(표 4), 모든 배지에서 저조한 callus 발생률을 보였고 각 배지 간에도 현저한 차이를 찾아볼 수 없었다. NAA 1.0 mg/L와 BA 1.0 mg/L가 혼용첨가된 배지에서 10.1%로 가장 높은 callus가 발생했으며, 2,4-D 0.1 mg/L와 kinetin 2.0 mg/L가 혼용첨가된 배지에서는 전혀 callus가 유도되지 않았다(Fig. 14 ①). Callus의 색깔은 흰빛, 황색, 황갈색, 갈색 등 다양한 색을 띠었다. 발생된 callus의 크기는 같은 배지 내에서도 차이가 많았으며 callus 발생시기 또한 일정하지는 않았으나, NAA 1.0 mg/L와 BA 1.0 mg/L가 혼용첨가된 배지에서 가장 왕성한 callus가 발생하였다.

**Table 4. Effects of plant growth regulators on the callus formation from in vitro immature seed culture in bleeding heart.**

Plant growth regulator (mg/L)			% of callus formation	Plant growth regulator (mg/L)			% of callus formation
NAA	Kinetin	BA		2,4-D	Kinetin	BA	
0.1	1.0		3.3 ab	0.1	1.0		5.3 ab
0.1	2.0		1.1 b	0.1	2.0		0.0 b
0.1		1.0	3.1 ab	0.1		1.0	1.0 b
0.1		2.0	1.1 b	0.1		2.0	2.5 ab
1.0	1.0		6.4 ab	1.0	1.0		5.1 ab
1.0	2.0		1.1 b	1.0	2.0		3.8 ab
1.0		1.0	10.1 a	1.0		1.0	4.0 ab
1.0		2.0	0.9 b	1.0		2.0	3.9 ab

※ Basic medium : Murashige & Skoog's medum.  
Duncan's Multiple Range Test (P=0.05).

다. 다아체 형성

Callus로부터 shoot 분화를 유도하기 위해 MS기본배지에 kinetin, BA와 TDZ를 각각 0.5, 1.0, 2.0 mg/L 단용 첨가, NAA 0.1 mg/L과의 혼용 첨가하여 배양한 결과 7~8주일 후부터 관찰이 가능하여 shoot의 분화가 매우 더디게 발생함을 알 수 있었다(Fig. 14 ②). 모든 처리구에서 뿌리의 발생은 볼 수 없었고, kinetin 2.0 mg/L, BA 1.0 mg/L 단용구와 NAA 0.1 mg/L + kinetin 2.0 mg/L, NAA 0.1 mg/L + BA 1.0 mg/L, NAA 0.1 mg/L + BA 2.0 mg/L 혼용구에서 multi-shoot가 형성되었다. 특히, NAA 0.1 mg/L + BA 0.5 mg/L 혼용구에서는 shoot의 분화수는 적지만 shoot의 생장이 왕성하였다. TDZ 0.5, 1.0과 2.0 mg/L 단용구에서도 shoot 분화는 저조하였으나, callus는 왕성한 성장을 보였고, NAA와의 혼용구에서도 같은 양상을 보였다(표 5). 금낭화의 callus로부터 shoot의 유도에는 cytokinin류 중에서 TDZ 영향보다는 kinetin과 BA의 효과가 뚜렷하였다. 본 실험에서 금낭화 callus로부터 다아체의 발생에는 BA와 kinetin의 농도가 낮은 것보다는 다소 높은 1.0~2.0mg/L 농도에서 효과가 있음을 알 수 있었다(Fig. 14 ③).



Fig. 14. Callus formation, shooting and mass propagation *in vitro* culture of bleeding heart. ① Callus and shoot formation after seed germination, ② Shoot regeneration for callus subculture on MS medium with 2.0 mg/L kinetin, ③ Multiple shoot differentiation on medium with 0.1 mg/L NAA + 2.0 mg/L kinetin or BA, ④–⑤ Node culture of stem in white flower color bleeding heart, ⑥–⑧ Mass propagation of *in vitro* seedling.

< 사진 뒷면 >

**Table 5. Effects of plant growth regulators on the callus proliferation and shoot regeneration after 8 weeks subculture in bleeding heart.**

Plant growth regulator (mg/L)				Callus proliferation	Shoot regeneration
NAA	Kinetin	BA	TDZ		
	0.5			+ <sup>a</sup>	+
	1.0			+	++
	2.0			+	++++
		0.5		+	++
		1.0		+	+++
		2.0		+	+++
			0.5	+++	+
			1.0	+++	+
			2.0	++	+
0.1	0.5			+	++
0.1	1.0			+	++
0.1	2.0			+	++
0.1		0.5		+	++
0.1		1.0		+	+++
0.1		2.0		+	+++
0.1			0.5	+++	+
0.1			1.0	+++	+
0.1			2.0	++	+

<sup>a</sup>+: poor, ++: moderate, +++: good. ++++: excellent response.

\* Basic medium : Murashige & Skoog's medium.

한편, 금낭화 백색 변이종의 기내 대량증식법을 구명하고자 액아가 포함된 줄기 절편을 cytokinin의 조성을 달리한 MS배지와 B<sub>5</sub>배지에 배양하였던 바 MS배지에서는 kinetin 2.0~4.0 mg/L 첨가구에서, B<sub>5</sub>배지에서는 BA 2.0~4.0 mg/L 첨가구에서 5~8개의 다아체가 형성되었다. 다아체는 0.5 mg/L IBA와 0.5~1.0 mg/L kinetin 혹은 BA가 첨가된 MS배지에 계대배양하여 뿌리를 유도하였고 shoot의 성장도 양호하여 대량증식에 적합하였다(Fig. 14 ⑦).

Lazarz 등(1982)은 kinetin 2.0 mg/L가 첨가된 MS기본배지에 2.0~2.2mm 길이의 금낭화 shoot tip을 배양한 결과 각 shoot tip으로부터 6주일 이내에 많은 증식 효과

를 볼 수 있었다고 보고하였다. 또한 Kim(1989)은 NAA 0.1, 1.0, 2.0, 4.0 mg/L + BA 0.1 mg/L 혼용구와 동량의 2,4-D와 BA 혼용구에 금낭화의 정단조직을 배양한 결과 모든 처리에서 callus가 형성되었고 신초발생은 NAA 0.1 mg/L + BA 0.1 mg/L가 첨가된 MS배지에서 45%였으며 1개의 shoot가 분화하였다고, 액아 1개를 포함한 줄기를 배양한 결과 신초발생률이 NAA 0.1 mg/L + BA 0.1 mg/L 처리구에서 70%였으며 1개의 shoot가 발생하였다고 보고한 바 있다.

#### 라. 뿌리 형성

Shoot가 분화된 식물체의 발근을 유도하기 위해 MS기본배지에 NAA 또는 IBA가 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 0.3 mg/L가 첨가된 배지에 2~2.5cm 길이의 shoot 기부에 약 2mm 크기의 callus를 부착하여 발근을 유도한 결과 NAA 0.1과 0.3 mg/L가 포함된 배지에서 가장 좋은 결과를 얻었으며, IBA보다 NAA 첨가가 효과적이었으며 (그림 15) MS기본배지에서도 뿌리발생이 양호하였다.

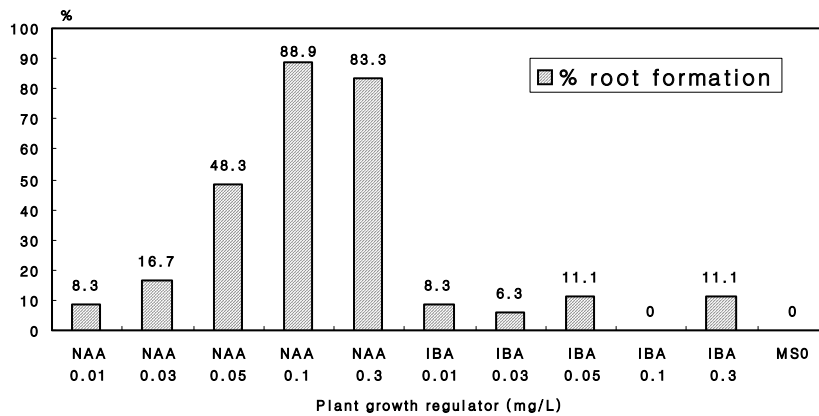


Fig. 15. Effects of plant growth regulators on the root formation in *in vitro* plantlets. Basic medium was used Murashige & Skoog's medium.

Kim 등(1996)은 금낭화 shoot의 발근에는 IBA 0.3~0.5 mg/L, NAA 0.01~0.05 mg/L가 포함된 MS 배지가 좋다고 보고하였으며, Lazarz 등(1982)은 IBA 0.1~0.5 mg/L, NAA 0.0025~0.02 mg/L 배지에서 금낭화 shoot tip으로부터 100% 뿌리를 유도할 수 있었다고 하여 본 실험보다는 훨씬 저농도에서 뿌리를 유도하여 다소 차이



가 있었다. 1차년도 실험을 통하여 BA 혹은 kinetin 1.0~2.0 mg/L 첨가로 다아체를 유도하고 callus로부터 발생된 shoot에 NAA 0.1~0.3 mg/L의 첨가로 뿌리를 용이하게 유도하여 대량증식체계의 가능성을 시사하였다.

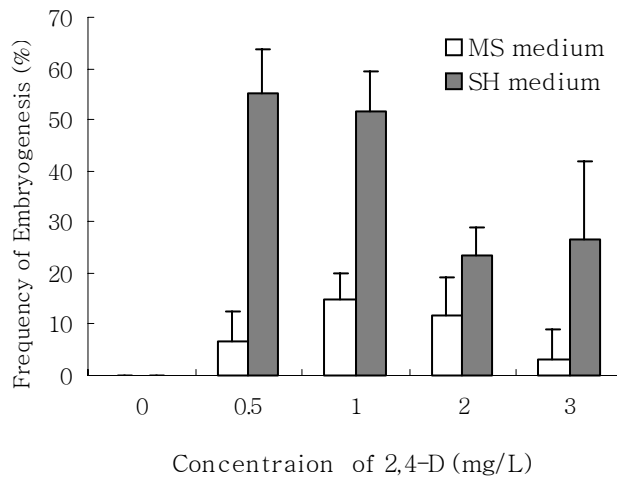
양귀비과 식물에 속하는 금낭화의 묘목생산시, 조직배양에 의한 부정아의 유도를 통한 식물체의 재분화는 정단분열조직을 배양하여 1~2 mg/L kinetin를 함유한 MS 배지에서 수행된 바 있으며(Lazarz *et al.* 1982), 부정아를 통한 식물체의 기내 생산시 0.5 mg/L BA가 첨가된 MS기본배지에 계대배양한 후 0.3~0.5 mg/L IBA + 0.01~0.05 mg/L NAA 처리구에서 발근 시키는 것이 효과적임이 보고 되어 있으나(Kim *et al.* 1996), 아직 실용적인 대량 증식체계는 확립 되지 않은 실정이다. 한편, 체세포배발생에 의한 양귀비과 식물체의 재분화에 관한 연구는 양귀비(Sulaiman *et al.* 1991), 애기똥풀(Woo *et al.* 1996), 금낭화(Lee and Lee, 2003)에서 시도된 바 있다. 특히 금낭화의 경우는 최근 종자에서 유도한 배발생능 캘러스로부터 1.0 mg/L kinetin을 첨가한 MS 고체배지에서 체세포배를 발달시키고, 이로부터 식물체 재생 및 순화를 시도한 바 있으나(Lee and Lee, 2003), 산업적으로 활용하기에는 생산효율 면에서 아직 미흡한 실정임을 보고한 바 있다.

#### 마. 배발생 캘러스의 유도 및 현탁배양에 의한 증식

배발생캘러스를 유도하기 위해 1.0 mg/L 2,4-D가 첨가된 MS고체 배지에서 유도된 캘러스를 여러 가지 농도의 2,4-D가 첨가된 MS 및 SH 고체배지에 이식하여 6주일간 배양하였다. 그 결과 캘러스 사이에 배발생 캘러스와 체세포배가 혼합되어 나타났는데, 이때 배발생 캘러스의 발생빈도는 2,4-D의 농도와 관계없이 MS배지에 비해 SH 배지를 사용했을 때 양호하게 나타났다(Fig. 16). 특히 0.5 mg/L 2,4-D가 첨가된 경우에는 MS배지에 비해 SH 배지에서 약 5배 높게 나타났다.

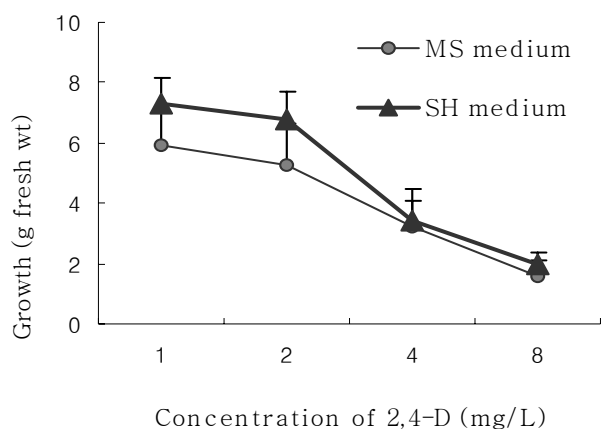
배발생세포를 현미경하에서 관찰하면 세포질이 짙어 차있고 세포의 크기는 작고 동그랗지만, 비배발생 세포는 크기가 크고, 길이도 신장되었으며 액포화 되어 있었다. 육안으로 관찰시 비배발생캘러스는 연노란색으로 단단히 뭉쳐있으나, 배발생 캘러스는 연하고 부서지기 쉬운 형태를 나타내었으며(Fig. 18 A), 이와 같은 현상은 애기똥풀의 경우와 유사하게 나타났다(Woo *et al.* 1996). 캘러스 상층부에서는 구형배가 발달하기도 하였다. 특히 배발생 캘러스에서는 황갈색 물질이 많이 분비되는 것을 관찰할 수 있었다. 이와 같은 현상은 금낭화와 같은 양귀비과 식물인 애기똥풀(Woo *et*

al. 1996)이나 현호색(Cheon *et al.* 1999)의 기내배양시 유사하게 관찰되는데, 재료식물의 특징으로 생각된다. 애기똥풀(Woo *et al.* 1996)의 체세포배발생시 2.0 mg/L 2,4-D를 포함한 SH에 배양하였을 때 23.1%의 절편에서 캘러스가 형성되었고 계대하였을 때 16.1%의 2차적인 배발생캘러스로 확인된 바 있다. 본 연구에서 MS배지에 비해 SH배지에서 배발생캘러스의 유도가 양호한 원인은 SH배지에는 항산화제가 MS의 최고 50배 이상 많이 첨가되었는데, 이것이 황갈색 물질의 분비를 억제하였기 때문으로 생각된다.



**Fig. 16. Effects of 2,4-D and medium on embryogenic callus induction after 6 weeks of culture.**

배발생세포를 대량증식하기 위하여 MS 및 SH액체배지에 1.0~8.0 mg/L 2,4-D를 농도별로 각각 처리하여 4주일간 배양한 한 결과, 1.0 mg/L 2,4-D를 포함한 SH배지에서 증식률이 가장 높았으며, 2,4-D의 농도가 높아질수록 증식률은 감소되었다(Fig. 17). 2,4-D의 농도가 0.5 mg/L 이하에서는 세포증식보다는 일부 체세포배발생이 이루어지는 현상이 나타났다.



**Fig. 17. Effect of 2,4-D on embryogenic cell proliferation in SH and MS liquid medium after 4 weeks of culture.**

바. 현탁배양으로부터 체세포배의 발생

효율적인 체세포배의 발생률을 조사하고자 증식용 배지에서 배양중인 배발생캘러스를 크기 100  $\mu$ M의 체로 여과하여 얻은 균일한 상태로 만든 후, 2,4-D를 제거하고 MS 및 SH를 각각 0.5배, 1배, 2배로 염류의 농도를 달리하여 액체배지에 이식하여 4 주일간 배양하였다(Fig. 18 B). 이때 계대배양은 1주일 간격으로 동일배지를 각각 사용하여 실시하였다. 그 결과 모든 조건에서 체세포배가 발생 되었는데 이러한 현상은 가시오가피의 체세포배 발생과정과 유사한 경향이였다.(Choi *et al.* 1999). 체세포배는 전술한 조건에서 발생단계가 다른 여러 단계의 체세포배가 섞여서 발생하였다. 이때 魚雷形 이상의 단계를 갖는 배의 개체수는 0.5배 SH 현탁배지에서 가장 높게 나타났다(Table 6). 70mL의 현탁배지를 함유한 250mL 삼각플라스크 한 개에서 어뢰형 이상의 배가 최고 1,861개, 발달중인 구상배까지 포함하면 약 5,000개 이상의 고빈도로 체세포배가 생산되었다.

금낭화의 체세포배발생시에 球狀形의 胚에 kinetin을 처리하여 정상적인 형태의 자엽을 갖는 배가 발생하지 않음이 보고되었으나(Lee and Lee, 2003), 본 연구에서는 식물생장조절물질이 첨가되지 않은 MS 및 SH기본배지에서 완전한 자엽을 갖는 배

를 유도하여(Fig. 18 C), 이로부터 정상적인 식물체가 재생됨을 관찰할 수 있었다. 한편, 땅두릅의 체세포배에 ABA를 처리하여 동조화되었음이 보고 되어( Lee *et al.* 2002) ABA 0.1, 0.5, 1.0 mg/L 농도로 처리한 후, 체세포배의 발달정도를 관찰하였으나 농도가 높아질수록 대조구에 비해 비정상적인 배가 다량 발생됨으로 금낭화에서는 ABA에 의한 동조화가 유효하지 않는 것을 관찰할 수 있었다(데이터 미제시). 이상의 결과로 미루어 볼 때, 금낭화의 정상적인 체세포배 발생과정 중에는 외래 식물 성장조절물질을 필요로 하지 않는 것으로 생각된다.

**Table 6. Effect of various culture media on somatic embryo formation of *Dicentra spectabilis* for 4 weeks of culture**

Media	Strength	No. of Torpedo shape and cotyledonary embryos
	0.5	1,683±136
MS	1	850±151
	2	4±1
	0.5	1,861±142
SH	1	1,246±150
	2	53±25

Data represent the mean ± SE of three replicates.

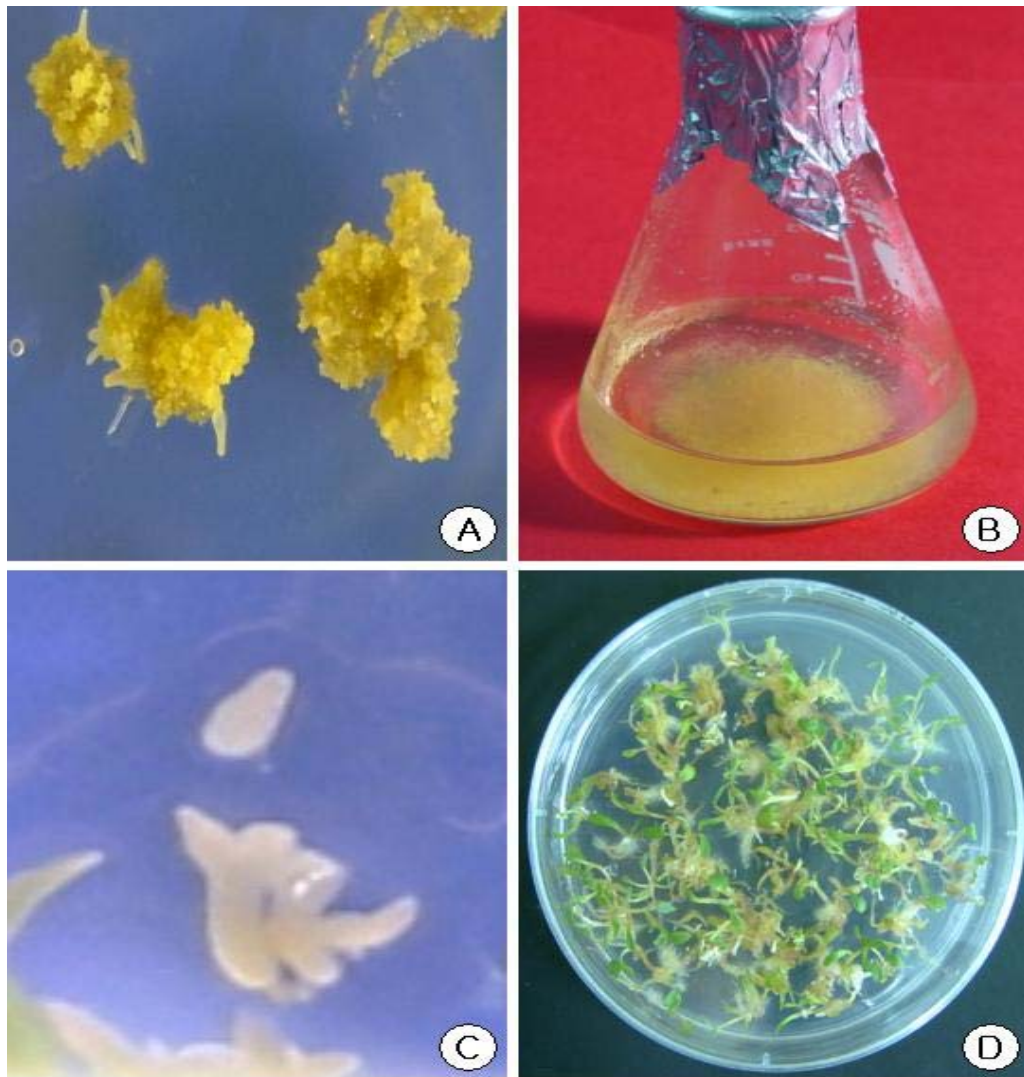


Fig. 18. Somatic embryogenesis of *Dicentra spectabilis*. A, Embryogenic callus; B, Shake-flask culture of embryogenic cells; C. Cotyledonary stage somatic embryos; D, Germinating embryos on half strength SH medium without hormone.

<사진 뒷면>

사. 체세포배의 발아 및 기내 생육

체세포배의 최적 발아조건을 구명하고자 상기의 조건에서 유도된 자엽시기의 체세포배를 농도를 달리한 GA<sub>3</sub> 첨가 고체배지에 이식하여 4주간 배양한 후 발아율을 조사하였다. 그 결과, 대조구와 0.1 mg/L GA<sub>3</sub>처리구의 발아율이 각각 85%, 90%로 유사하게 나타났으며(Fig. 18 D), 0.5 mg/L GA<sub>3</sub> 이상의 처리구에서는 발아율이 오히려 감소하는 경향이었으며, 발아가 되었을 경우에도 유도된 식물체는 비정상적으로 신장하였다(Table 7). 이상의 결과로부터 금낭화의 경우에 있어서 체세포배의 발아시에 GA<sub>3</sub>를 요구하지 않음을 알 수 있는데, 이러한 결과는 GA<sub>3</sub>를 요구하는 *Eleutherococcus senticosus* (Choi *et al.* 1999), *Acanthopanax sessiliflorus* (Lee *et al.* 2002) 등의 몇몇 식물의 경우와는 차이가 나는 현상임을 알 수 있었다.

**Table 7. Effect of GA<sub>3</sub> on germination of somatic embryos on SH medium after 4 weeks of culture.**

GA <sub>3</sub> (mg/L)	No. of Germinated embryos
0	85±8
0.1	90±12
0.5	12±3
1.0	9±2

Data represent the mean ± SE of three replicates.

한편, 배지의 구성에 따른 체세포배의 발아율을 조사하고자 식물생장조절물질이 첨가되지 않은 MS 및 SH 기본배지의 염농도를 각각 0.5배, 1배, 2배로 만든 고체배지에 자엽시기의 배를 이식하여 4주일간 배양한 후 발아율을 조사하였다. 그 결과, 0.5배 배지와 기본배지에서는 모두 발아가 정상적으로 이루어졌으며 특히 0.5배 희석된 SH배지에서 뿌리형성과 신초발달이 양호하였으며, 묘의 투명화가 거의 이루어지지 않았다. 반면에 2배로 만든 고체배지의 경우에 있어서는 발아율이 저조하였으며 신초형성과 뿌리의 발달이 미약함을 알 수 있었다(데이터 미제시). 따라서 금낭화의 체세포배로부터 식물체 재생은 0.5배 희석된 SH배지를 사용하는 것이 보다 효

과적이고 경제적이다.

식물체를 밀폐된 유리용기와 통기성이 있는 플라스틱 용기에서 생육시켰을 때 통기성이 있는 배양용기에서 생육이 우수했다(Fig. 19 A, B, C).

#### 아. 기내 종묘의 대량 생산

본 실험에서 MS배지에 kinetin 2.0 mg/L, BA 1.0 mg/L 단용구와 NAA 0.1 mg/L + kinetin 2.0 mg/L, NAA 0.1 mg/L + BA 1.0 mg/L, NAA 0.1 mg/L + BA 2.0 mg/L 혼용구에 배양하여 multi-shoot를 유도하였고, 특히, NAA 0.1 mg/L + BA 0.5 mg/L 혼용구에서는 shoot의 분화수는 적지만 shoot의 생장이 왕성하였다. 다아체의 유도, 성장에 의한 shoot는 저농도의 0.5 mg/L BA 혹은 kinetin첨가배지에 계대배양하여 성장, 증식시킨 shoot(Fig. 14 ⑥-⑧)는 기내종묘의 대량증식을 위하여 2~3매의 마디를 부착시킨 절편을 만들어 계대배양하였고(Fig. 20 ①) 배양 30일 후에는 뿌리를 발생시키기 충분한 6~8cm의 크기로 성장하였다. 뿌리발생배지는 MS 배지에 IBA, NAA, 2,4-D 등 auxin류와 BA, kinetin 등 cytokinin류를 0.1~2.0 mg/L 첨가한 배지에 계대배양하였던 바 0.5 mg/L IBA와 0.5 mg/L kinetin 혹은 BA 혼합첨가구에서 배양 약 2주일 후부터 뿌리가 발생하기 시작하여 배양 약 2개월 후에는 이식하기에 충분한 크기로 왕성하게 성장하였다(Fig. 20 ②).

한편, 금낭화 백색종의 기내 대량증식법을 구명하고자 액아가 포함된 줄기절편을 cytokinin의 조성을 달리한 MS배지와 B<sub>5</sub>배지에 배양하였던 바(Fig. 14 ④) MS배지에서는 kinetin 2.0~4.0 mg/L 첨가구에서, B<sub>5</sub>배지에서는 BA 2.0~4.0 mg/L 첨가구에서 5~8개의 다아체가 형성되었다. 다아체는 0.5 mg/L IBA와 0.5~1.0 mg/L kinetin 혹은 BA가 첨가된 MS배지에 계대배양하여 뿌리를 유도하였고 shoot의 성장도 양호하여 다량증식에 적합하였다(Fig. 14 ⑤).

은과 김(1999)은 고구마의 정단분열조직배양에서 0.1 mg/L NAA와 2.0 mg/L BA 혼합첨가배지가 shoot의 분화율이 가장 양호하였고, 다아체는 0.5~4.0 mg/L BA 단독 처리로 유도하였다고 보고하였는데 금낭화의 경우도 이와 비슷한 결과를 보였다. 또한 고구마 기내 종묘의 대량증식을 위하여 기내 1마디삽을 통하여 1개월 후 이식하기 충분한 크기로 성장하였다고 하였는데(은 등, 2002) 본 실험의 금낭화는 1마디삽은 좋은 결과를 보이지 않았고 3 cm 내외의 줄기를 기내삽하여 대량증식 시킬 수 있었다.





Fig. 19. Growing of *Dicentra spectabilis*. A, B, Plantlets with shoots and roots in culture jar; C, Plantlet for acclimatization; D, Acclimated white flower plantlet in soil.

<사진 뒷면>

## 7. 유식물체의 토양순화 및 묘목의 대량생산

기내 유식물체의 토양순화는 뿌리와 신초가 발달한 정상적인 식물체를 선별하여 각각 조건별로 모래와 원예용상토가 다양한 비율로 혼합된 순화용토에 이식하여 4주일 후 생존율을 조사한 결과 모래와 상토의 비율이 5 : 1(v/v)인 조건에서 57.6%로 가장 높은 생존율을 나타내었다(Table 8). 4주일 후 상토가 많이 함유된 순화용토의 경우 부패에 의한 식물체 고사 정도가 높았다. 새로운 뿌리가 자라기 시작함으로써 완전히 순화된 식물체는 원예용 상토와 펄라이트, 모래가 3 : 1 : 1 혼합된 화분에 2차 이식하여 왕성하게 생육시킬 수 있었다(Fig. 19 D). 김 (1998)도 금낭화 조직배양묘의 토양순화 시 마사토, 버미큘라이트, 퍼라이트 등을 혼합한 인공용토에서 92%의 높은 활착률을 나타냈다고 하는데, 이것은 금낭화가 비옥하고 배수가 양호한 사질양토에서 잘 자라는 특성에 기인한다고 생각되며, 본 실험에서 배양묘의 초기 순화 시 생존율이 낮은 것은 체세포배의 발아 묘가 연약하였고 모래의 혼합 비율이 높은 데에도 요인이 있다고 생각한다.

**Table 8. Effects of various soil for acclimation on survival Rate(%) of *Dicentra spectabilis* after transfer to soil**

Mixed rate (v/v)		Survival rate after 2 weeks	Survival rate after 4 weeks
Sand	Peat moss		
0	6	42.4	15.2
1	5	54.5	21.2
3	3	54.5	51.5
5	1	72.7	57.6
6	0	66.7	36.4

한편 기내에서 발근시킨 기내종묘는 순화시키기 위하여 배양실내에서 5~7일간은 배양병의 뚜껑을 열어 경화시킨 다음 잘 뽑아서 깨끗이 세척하여 살균시킨 배양토에

이식하였다. 이식 직후에는 포화습도, 약 3000lux의 순화실에서 단계적으로 경화시켰는데 활착율이 73% 내외로 낮았다.

이와 같이 기내에서 뿌리가 발생한 기내 종묘를 토양에 활착 시키는 데에는 뿌리에 부착된 한천 든 배지를 완전히 씻어내는데 어려움이 많고 또 노력이 소요되고 활착률도 낮으므로 토양에 삼식하여 직접 발근 시키기 위하여 기내 유식물체의 줄기를 4-5cm 길이로 잘라 루톤을 粉衣한 구와 대조구로 나누어 원예용 상토를 채운 프리그 육묘상에 삼식하여 25±2℃, 습도 90% 내외의 chamber에서 발근을 유도하였고, 포트에 이식하여 순화 시킬 수 있었다.다(Fig. 20 ③-⑥). 삼식 1개월 후 대조구의 발근율은 74% 내외인 반면 루톤을 처리한 구는 95% 내외의 생존율을 보여 양호한 결과를 얻었다. 이상의 결과에서 기내 묘의 토양순화에 의한 종묘생산은 줄기를 절단하여 기외에서 발근시키는 방법이 효율적이라고 생각된다. 특히 회소성이 높은 흰색 금낭화를 이 시스템으로 종묘를 생산할 경우 매우 경제성이 있을 것으로 판단된다.

한편 종자의 발아에 의한 유묘(Fig. 6 ③)는 가식하여 차광재배한 후 비닐하우스 안에 정식하여 증식하시켰고 이듬 해 5월 개화하였으며(Fig. 6 ⑦) 화분재배실험을 위하여 포트에 이식한 식물체는 온실에서 이듬 해 개화하였다(Fig. 6 ④-⑥).

기내 배양식물은 토양순화를 위하여 외부에 노출되었을 때 제일 먼저 수분스트레스를 받게 된다. 이와 같은 스트레스의 주된 원인은 기내 배양 식물체 앞의 각피조직과 기공개폐의 특수성 때문인 것으로 알려져 있다. 각피층의 주된 역할은 수분증발을 억제하는 것인데 이 각피층 外皮 밀랍층의 구조와 구성에 따라 수분 증발에 차이가 생긴다. 그러나 조직배양에 의한 기내 유식물체는 이와 같은 왁스의 결정체가 나타나지 않고 氣孔의 개폐작용이 이루어지지 않아 토양순화 시 환경조절이 불량하면 대부분 위조, 고사하게 된다. 따라서 Kozai와 Sekimoto(1998)는 가스교환, 광도, 배지의 물리성 등 기내 환경의 조절로 기내 종묘를 건실화하여 토양순화 시 활착률을 제고하는 것이 조직배양 묘의 실용화를 위한 최선의 방법이라고 보고한 바 있다.

본 실험에서는 기내 증식으로 건실하게 성장 시킨 기내 종묘를 절취하여 루톤을 처리한 후 인공용토에 삼식하고 온도, 공중습도 등 초기 환경관리를 철저히 함으로써 95% 내외의 활착률을 보였는 바 금낭화의 기내종묘 대량증식법으로 가장 적절하다고 판단되었다.

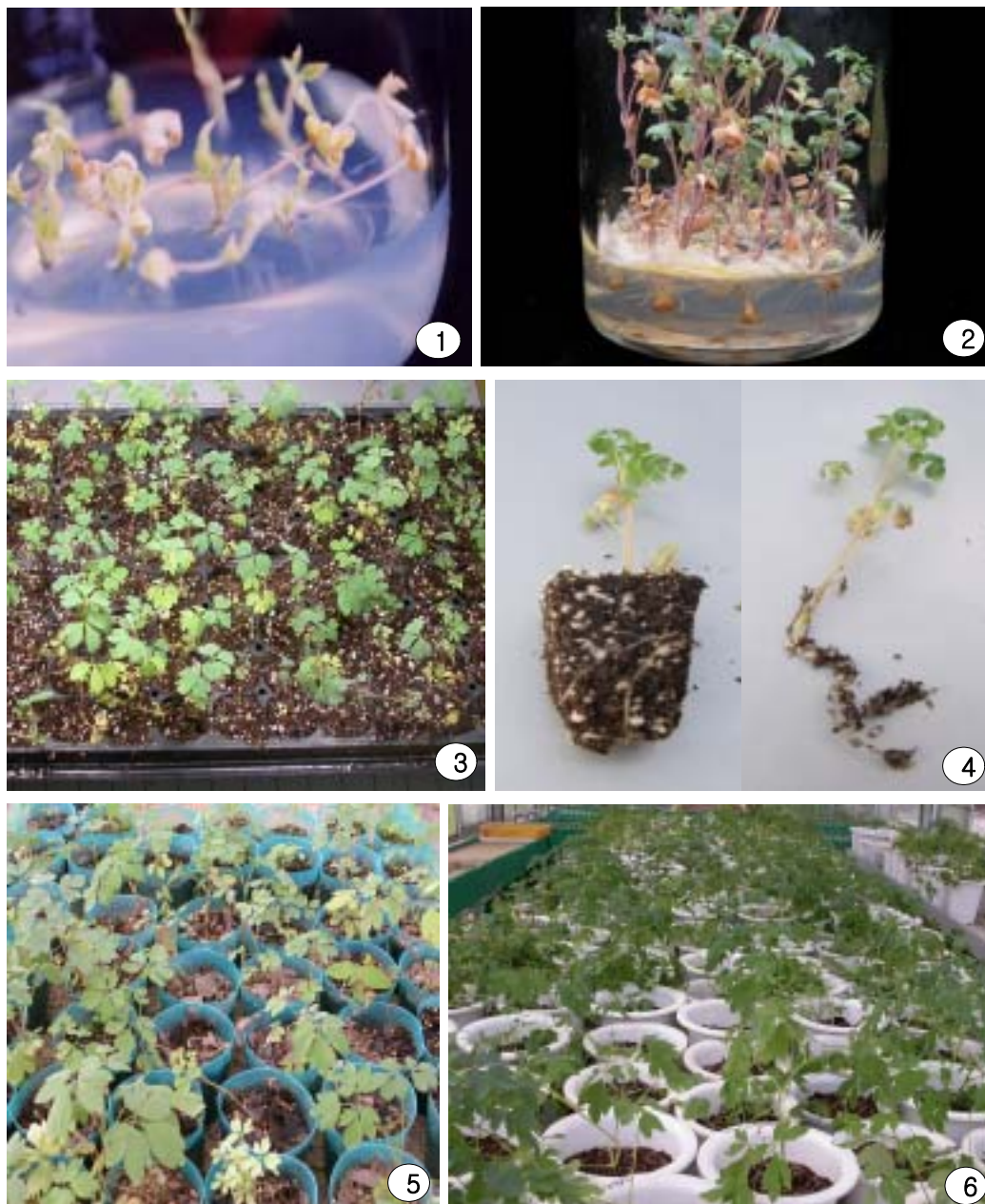


Fig. 20. *In vitro* propagation, hardening to soil, and cultivation in pot.

① Shoot cutting *in vitro* for multiplication on the medium with 0.5 mg/L IBA and kinetin, ② Vigorous growth of shoot and rooting, ③ Cutting in plug plate for rooting and harden to soil, ④ Rooted plantlets after a month, ⑤-⑥ Cultivation in pot.

<사진 뒷면>

## 8. 영양번식법에 의한 증식체계 확립

당년에 개화 종묘를 생산하기 위하여 영양번식의 일환으로 莖插과 根插의 효율성을 검증하기 위해 실시한 실험으로서 경삽시기와 발근촉진제를 선발하기 위한 시험 결과(표 9, Fig. 21), 경삽시기는 4월 17일로 생육 초기에 실시하는 것이 효과적이었고 발근촉진제는 효율이 높지 않았으나 옥시베린 처리가 발근율을 향상시킨 것으로 나타났다. 잎이 어느 정도 전개된 이후 경삽의 효율은 아주 떨어지는 것으로 나타났고, 개화 이후의 경삽은 전혀 효과를 볼 수 없었다.

**Table 9. Effects of the different season of shoot cutting and rooting promoters on rooting in bleeding heart.**

Shoot cutting season and rooting promoters	A days to rooting (days)	Rooting rate (%)	Root length (cm)	No. of roots	Root F.W. (g)	
Apr. 17	Control	27	12	6	2.0	0.7
	Oxyberin	23	28	8.3	6.5	4.4
	Rooton	26	4	6.0	2.3	1.3
May 11	Control	-	-	-	-	-
	Oxyberin	33	5	6.0	4.0	2.1
	Rooton	-	-	-	-	-
June 7	Control	-	-	-	-	-
	Oxyberin	-	-	-	-	-
	Rooton	-	-	-	-	-



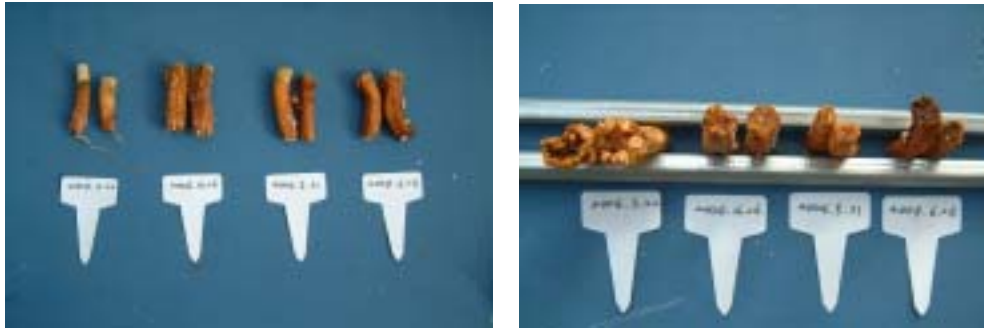
**Fig. 21. Effects of the different rooting promoters on rooting and shooting in bleeding heart.**

근삽시기별 근권부 생육은 표 10과 그림 22와 같다. 3월 22일 萌芽 전에 근삽한 처리구가 약간의 發根이 이루어졌으며 90%가 근원기가 형성 되었다. 근삽은 처리시기가 빠를수록 유합조직의 형성이 빨리 이루어졌다. 6월 28일에 근삽처리한 개체는 고온기의 영향으로 일부 부패된 것을 확인할 수 있었다. 근삽 결과 맹아전(3월 22일)이나 앞의 夏枯 이후(6월 28일 이후)에 근삽하는 것이 根源基 형성이 잘 되었고, 생육 중에 근삽할 경우 유합조직의 형성이 늦어 근원기 발생이 불량하였다.

**Table 10. Effects of the different season of root cutting on root growth in bleeding heart.**

Season of root cutting	Root primordium formation rate (%)	Rooting rate (%)	Root length (cm)	No. of root	Root F.W. (g)
Mar. 22	90	80	4.5	1.0	0.3
Apr. 26	45	-	-	-	-
May 31	15	-	-	-	-
June 28	85	70	3.8	1.0	0.2
Aug. 4	90	85	3.3	1.0	0.2
Sep. 15	90	85	3.2	1.0	0.2





July 28, 2004



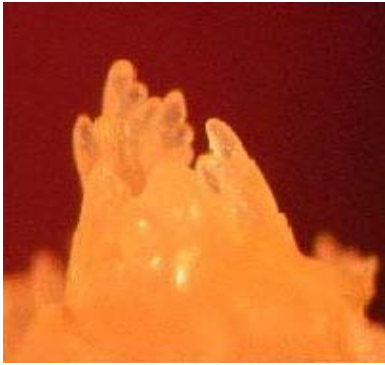
'04. Mar. 22    Apr. 26    May 31    June 28    Aug. 4    Sep. 15  
2 October, 2004

**Fig. 22. Effects of the different season of root cutting on formation of root primordium in bleeding heart.**

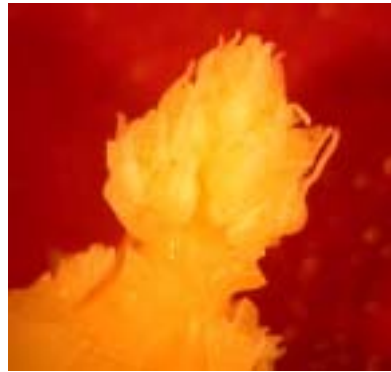
### 9. 화아형성에 관여하는 요인 구명

#### 1) 시험처리 前(10월) 노지와 월동 後(2월) 노지의 성장점변화

잎이 夏枯 된 후 10월에 노지상태에서 새로 형성된 눈을 확인한 결과 새잎이 분화되고 있었으며 꽃눈은 형성되지 않은 상태였고, 월동 후 이듬해 2월에 눈을 확인한 결과 분화된 잎 안쪽에 꽃눈이 완전히 형성되어 있는 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 23). 이것으로 유추해 볼 때 금낭화의 꽃눈 형성은 여름 잎의 하고 이후 가을과 겨울을 지나면서 자연 저온에 감응하여 꽃눈이 형성되는 것으로 생각된다. 따라서 인위적인 저온을 처리하여 꽃눈형성이 가능할 것으로 생각되었고, 꽃눈형성에 알맞은 저온과 기간을 찾고자 본 시험을 실시하였다.



Oct. 2002, field(A)



Feb. 2003, field(B)

**Fig. 23. Changes of the apical meristem between before(A) overwintering and after(B) overwintering in bleeding heart.**

2) 저장기간별 온도에 따른 정식 전 생육

저장 온도 및 기간별로 처리한 후 화분에 정식 전 생육상황을 조사하였다(표 11). 根重의 변화를 살펴보면 저장온도가 높을수록, 처리기간이 길수록 근중은 감소하였는데 저장 중 호흡의 증가가 원인인 것으로 생각된다. 눈(bud)의 수는 처리에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 눈의 길이는  $-2^{\circ}\text{C}$ 에서는 거의 성장하지 않았지만  $4^{\circ}\text{C}$  이상에서는 저장기간이 길어질수록 그 성장량이 증가하였다(Fig. 24).

**Table 11. The growth of plant during low-temperature treatment in bleeding heart.**













Treatments	4 weeks				8 weeks				12 weeks			
	$-2^{\circ}\text{C}$	$4^{\circ}\text{C}$	$8^{\circ}\text{C}$	$12^{\circ}\text{C}$	$-2^{\circ}\text{C}$	$4^{\circ}\text{C}$	$8^{\circ}\text{C}$	$12^{\circ}\text{C}$	$-2^{\circ}\text{C}$	$4^{\circ}\text{C}$	$8^{\circ}\text{C}$	$12^{\circ}\text{C}$
Root weight(g)	156.3	91.7	76.7	68.3	84.8	61.0	64.3	62.4	55.8	53.4	61.3	61.7
No. of bud	11.4	6.6	8.2	5.5	6.2	7.8	6.2	5.7	5.2	5.8	7.0	5.0
Bud length (cm)	0.8	1.2	0.5	3.3	0.9	1.9	3.5	3.9	0.9	3.6	4.2	4.8



**Fig. 24. Changes of the apical meristem during low-temperature treatment in bleeding heart..**

### 3) 저장기간별 온도에 따른 정식 전 화아분화 확인

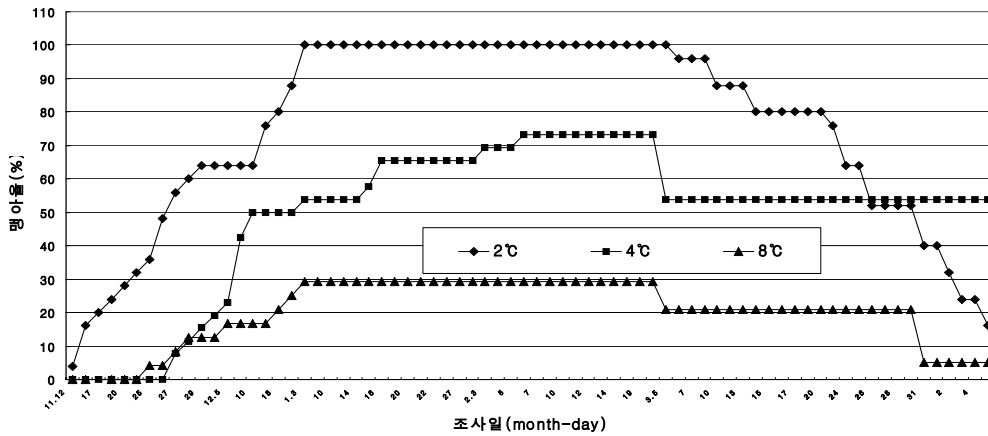
온도와 저장기간별로 처리한 후 화분에 정식하기 전 꽃눈 형성률을 조사하기 위해 성장점을 채취하여 미세절단한 후 현미경하에서 관찰하였다(Fig. 25).  $-2^{\circ}\text{C}$ 로 처리했을 때 4주일 저장에서는 50%가 꽃눈이 형성되었고, 8주일 이상에서는 80%이상 꽃눈이 안정적으로 유기된 것을 관찰할 수 있었다.  $4^{\circ}\text{C}$ 처리에서는 4주일 동안 처리 시 꽃눈 형성률이 10%밖에 미치지 못했지만 12주일 처리한 후에는 80%로 높게 형성된 것을 관찰할 수 있었다.  $8^{\circ}\text{C}$ 처리에서는 모든 처리기간동안 꽃눈 형성률이 40% 이하로 관찰되었고,  $12^{\circ}\text{C}$ 로 처리했을 경우 모든 저장기간 동안 꽃눈이 형성된 것을 전혀 관찰할 수 없었다. 이러한 결과로 볼 때  $4^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도가 자생 금낭화의 꽃눈 형성에 유효한 온도라고 생각되며,  $-2^{\circ}\text{C}$ 로 처리할 경우는 8주일 이상으로,  $4^{\circ}\text{C}$ 로 처리할 경우에는 12주일 이상 처리하는 것이 효과적인 것으로 조사되었다.  $8^{\circ}\text{C}$ 에서는 꽃눈분화가 불안정하였으며,  $12^{\circ}\text{C}$ 에서는 꽃눈분화를 위한 저온의 효과가 전혀 나타나지 않는 것으로 관찰되었다.

Temperature	4 weeks	8 weeks	12 weeks
-2°C			
differentiation rate	50%	80%	80%
4°C			
differentiation rate	10%	70%	80%
8°C			
differentiation rate	0%	40%	40%
12°C			
differentiation rate	0%	0%	0%

**Fig. 25.** Changes of flower bud differentiation rate during storage under various temperature and duration in bleeding heart.

#### 4) 저장기간별 온도에 따른 맹아율

전 생육기간동안 맹아율 및 생존률을 조사하였다. 맹아율이 증가한 후 그림상으로 3~4개월 후에 다시 감소한 것은 개화 후 생존률이 변화된 것으로 해석하면 된다. 4주일 저장에서는(Fig. 26) -2℃로 처리했을 때는 화분에 정식 후 온실에서 50일 정도 후에 100% 맹아된 것을 관찰할 수 있었다. 4℃처리는 정식 후 85일 정도에 최대로 맹아가 이루어졌으나 73%로 정도를 유지하였고, 8℃는 전 생육기간에 맹아율이 30% 이상 초과하지 않았으며 12℃는 전혀 맹아하지 않아 그림에는 나타내지 않았다. 8주일 저장 시(Fig. 27) -2℃는 정식 15일 후에 100%맹아가 이루어졌고, 4℃는 정식 30일 후에 90%이상이 맹아 하였고, 8℃는 88%정도의 맹아율을 보였다. 12℃에서는 8주일 저장에서도 전혀 맹아하지 않았다. 12주일 저장 시(Fig. 28) -2℃는 정식 후 23일에 맹아가 최대로 이루어져 97%로 나타났고, 4℃는 정식 20일 후에 100% 맹아율을 보였으며, 8℃는 최대 90%까지 증가하였고, 12℃는 12주 처리에서도 전혀 맹아하지 않았다. 따라서 -2℃는 4, 8주일 저장에서 100%의 맹아율을 보여 효과적이었으나 12주일에서는 최대 97%로 나타나 영하의 온도를 일정하게 오랜기간 동안 노출시킬 경우 오히려 동해를 입는 것으로 나타났고, 4℃에서는 12주일 처리가 100%맹아를 유도한 것으로 나타나 안정적인 저장기간으로 생각된다. 8℃로 처리할 경우 12주일에서 90%이상 맹아된 것을 확인할 수 있었고, 12℃에서는 전 처리기간동안 전혀 맹아를 관찰할 수 없어 저온으로서 효과를 나타내지 못했다.



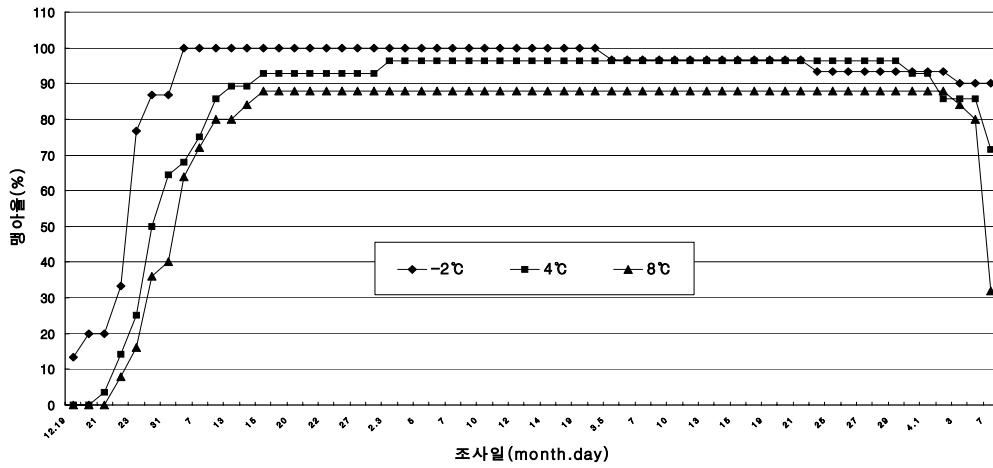


Fig. 27. Effect of 8 weeks storage with various low-temperature on sprouting rate in bleeding heart.

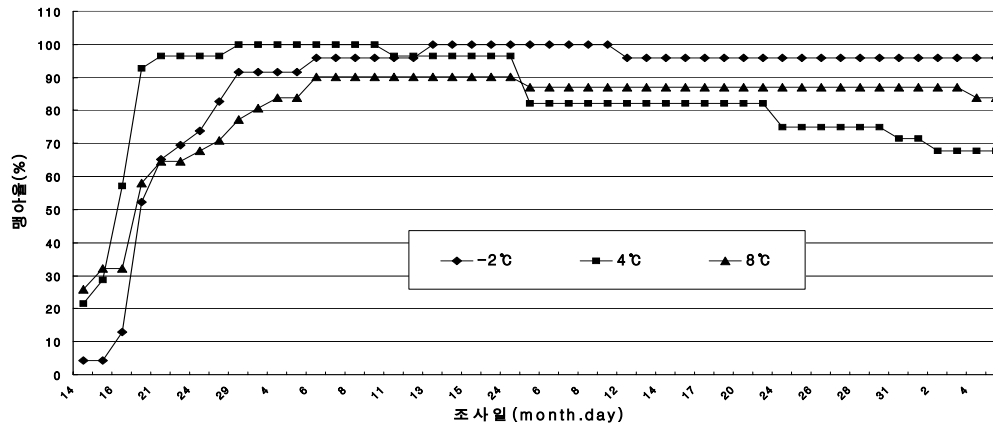


Fig. 28. Effect of 12 weeks storage with various low-temperature on sprouting rate in bleeding heart.

5) 저장기간별 온도에 따른 생육상황

처리별 생육상황을 보면(Fig. 29), 초장과 엽장의 성장량은 온도가 낮을수록 그리고 저장기간이 길수록 커졌으며, 草幅은 저장기간에 따른 영향은 적어 처리 간 큰 유의성은 보이지 않았으나, -2°C에서 다른 처리보다 넓었다. 葉數는 4주일 처리 시

온도에 상관없이 50매 이하로 가장 적었고, 8주일 이상 처리에서 크게 증가하였으며 8°C에서 다른 처리에 비해 약간 감소하는 경향 이었다.

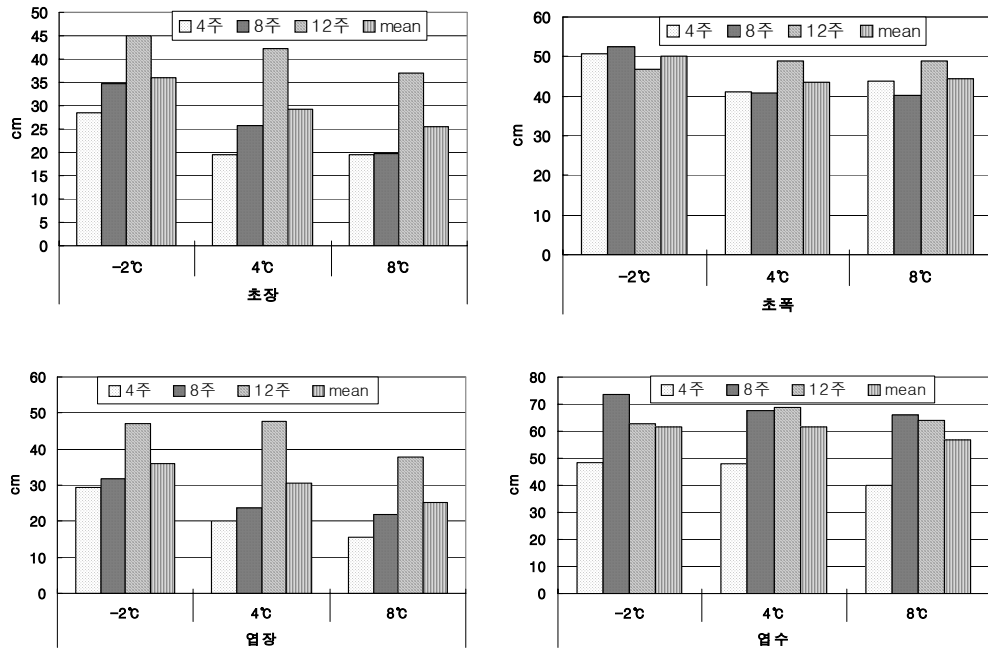
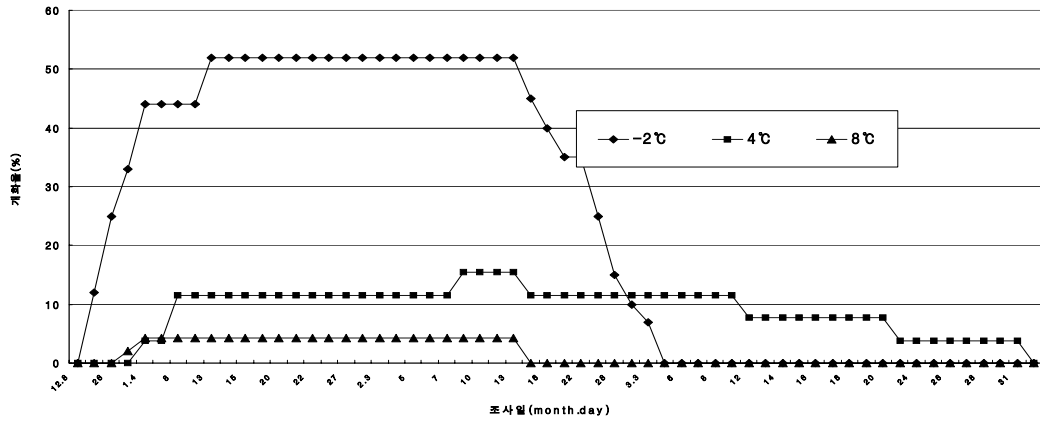


Fig. 29. Effect of various temperature and duration on growth in bleeding heart.

6) 저장기간별 온도에 따른 개화율의 변화

처리별 개화율 변화를 보면, 4주일 저장 시(Fig. 30) -2°C는 50%정도 개화되었고, 4, 8°C는 20% 이하의 개화율을 보여 전체적으로 개화를 위해서는 저장기간이 적은 것으로 생각되어진다. 8주일 저장 시(Fig. 31) -2°C처리에서 80%이상 개화가 이루어 졌으며 4°C는 60%, 8°C는 40%의 개화율을 보였다. 12주일 저장에서는(Fig. 32) -2°C는 60%, 4°C는 80%이상, 8°C는 20% 이하로 나타났다. -2°C 저장 시 8주일에서 80% 이상 개화하여 적절한 처리기간으로 생각되며 12주일 처리 시 오히려 60%로 낮아져 낮은 온도에서 장기간 처리 시에는 장애를 입는 것으로 생각된다. 4°C에서는 12주일 처리가 80% 이상 개화를 유도하여 효과적인 저장기간으로 생각되며, 8°C는 전체적으로 개화율이 50% 이하로 나타나 개화에 효과를 주지 못했다.





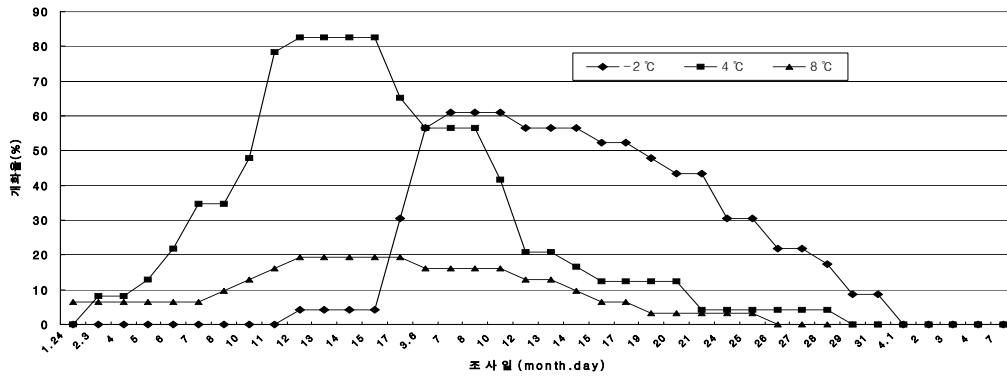


Fig. 32. Effect of 12 weeks storage with various low-temperature on flowering rate in bleeding heart.

7) 저장기간별 온도에 따른 개화기 특성

처리별 개화반응을 살펴보면 4주일 저장 시(표 12) 開花始와 開花期는 온도가 낮을수록 단축되어 개화기의 경우 -2°C와 8°C와의 차이가 40일 이상 차이가 났다. 개화기간도 -2°C에서 30일로 가장 길었다. 잎이 고사될 때까지의 관상기간은 4°C가 123일로 가장 길었다.

8주일 저장에서는(표 13) -2°C처리에서 4, 8°C처리보다 오히려 개화시와 개화기가 1주일 이상 지연 되었다. 개화기간은 8°C에서 30일로 가장 길었으나 전체 개화율이 40% 이하여서 큰 의미는 없는 것으로 생각된다. 잎의 녹색기간까지의 관상기간은 -2°C에서 96일로 가장 길었다.

12주일 저장에서도(표 14) -2°C에서 개화시와 개화기 모두 지연되어 4, 8°C보다 2주일 정도 늦었다. 개화기간은 온도별로 유의성이 없었으나, 관상기간은 -2°C에서 90일로 가장 높았다.

**Table 12. Effect of 4 weeks storage with various low-temperature on flowering date and duration of view in bleeding heart.**

Temperature (°C)	F.d. <sup>z</sup> sprouting (m.d.)	F.c. <sup>y</sup> stage (m.d.)	F.d. <sup>x</sup> flowering (m.d.)	F. <sup>w</sup> stage (m.d.)	L.d. <sup>v</sup> flowering (m.d.)	F.a. <sup>u</sup> day (m.d.)	F. <sup>t</sup> period(D)	F.d.l. <sup>s</sup> snescence (m.d.)	P. <sup>r</sup> view (D)
-2	11.12 <sup>q</sup>	12.14	12.16	12.19	12.24	1.14	30	3.8	117
4	11.25	12.28	1.5	1.9	1.10	1.18	14	3.27	123
8	11.25	1.26	1.28	2.1	2.4	2.22	26	3.19	115
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Planting time : 1st November

<sup>z</sup>First day of sprouting, <sup>y</sup>Floret coloring stage, <sup>x</sup>First day of flowering, <sup>w</sup>Flowering stage, <sup>v</sup>Last day of flowering, <sup>u</sup>Flower abscission day, <sup>t</sup>Flowering period, <sup>s</sup>First day of leaf senescence, <sup>r</sup>Period of view and <sup>q</sup>11.12 means November 12.

**Table 13. Effect of 8 weeks storage with various low-temperature on flowering date and duration of view in bleeding heart.**

Temperature (°C)	F.d. <sup>z</sup> sprouting (m.d.)	F.c. <sup>y</sup> stage (m.d.)	F.d. <sup>x</sup> flowering (m.d.)	F. <sup>w</sup> stage (m.d.)	L.d. <sup>v</sup> flowering (m.d.)	F.a. <sup>u</sup> day (m.d.)	F. <sup>t</sup> period(D)	F.d.l. <sup>s</sup> snescence (m.d.)	P. <sup>r</sup> view (D)
-2	12.19 <sup>q</sup>	2.6	2.9	2.12	2.20	3.3	23	3.25	96
4	12.21	1.27	1.30	2.4	2.7	2.19	21	3.23	92
8	12.23	1.28	1.30	2.5	2.7	2.28	30	3.24	91
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Planting time : 1st December

<sup>z</sup>First day of sprouting, <sup>y</sup>Floret coloring stage, <sup>x</sup>First day of flowering, <sup>w</sup>Flowering stage, <sup>v</sup>Last day of flowering, <sup>u</sup>Flower abscission day, <sup>t</sup>Flowering period, <sup>s</sup>First day of leaf senescence, <sup>r</sup>Period of view and <sup>q</sup>12.19 means December 19.

**Table 14. Effect of 12 weeks storage with various low-temperature on flowering date and duration of view in bleeding heart.**

Temperature (°C)	F.d. <sup>z</sup> sprouting (m.d.)	F.c. <sup>y</sup> stage (m.d.)	F.d. <sup>x</sup> flowering (m.d.)	F. <sup>w</sup> stage (m.d.)	L.d. <sup>v</sup> flowering (m.d.)	F.a. <sup>u</sup> day (m.d.)	F. <sup>t</sup> period(D)	F.d.l. <sup>s</sup> snescence (m.d.)	P. <sup>r</sup> view (D)
-2	1.14 <sup>q</sup>	2.21	2.27	3.3	3.9	3.21	23	4.3	90
4	1.12	2.9	2.12	2.16	2.23	3.8	25	3.29	77
8	1.11	2.8	2.10	2.19	2.23	3.4	23	3.29	78
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Planting time : 1st January

<sup>z</sup>First day of sprouting, <sup>y</sup>Floret coloring stage, <sup>x</sup>First day of flowering, <sup>w</sup>Flowering stage, <sup>v</sup>Last day of flowering, <sup>u</sup>Flower abscission day, <sup>t</sup>Flowering period, <sup>s</sup>First day of leaf senescence, <sup>r</sup>Period of view and <sup>q</sup>1.14 means January 14.

8) 저장기간별 온도에 따른 개화특성

4주일 처리 후 개화특성은 표 15와 그림 33과 같다. -2°C에서 花莖長과 花穗長이 가장 길었고 小花數도 가장 많았으며 4°C와 8°C는 화경신장이 억제되었다. 花莖數는 4°C에서 가장 많았고, 8°C는 전형적인 로켓트형을 보여 완전히 휴면이 타파되지 않았다. 12°C는 전혀 개화하지 않아 휴면이 전혀 타파되지 않은 것으로 조사되었다.

**Table 15. Effect of 4 weeks storage with various low-temperature on flowering characteristic in bleeding heart.**

Temperature (°C)	Flower length (cm)	Spike length (cm)	No. of floret	Floret hight (cm)	Flotet width (cm)	No. of flower stem	SPAD
-2	51.2	18.9	7.9	3.1	2.4	1.3	30.7
4	46.5	13.7	6.0	2.9	2.4	1.7	28.1
8	38.6	14.6	6.0	2.8	2.3	1.0	30.7
12	-	-	-	-	-	-	-

**Table 16. Effect of 8 weeks storage with various low-temperature on flowering characteristic in bleeding heart.**

Temperature (°C)	Flower length (cm)	Spike length (cm)	No. of floret	Floret height (cm)	Flotet width (cm)	No. of flower stem	SPAD
-2	52.0	18.2	9.2	3.5	3.0	1.5	31.1
4	33.9	15.8	6.8	3.6	2.9	1.4	30.1
8	30.1	14.3	7.8	3.6	2.8	1.2	27.8
12	-	-	-	-	-	-	-

8주일간 처리 후 개화특성은 표 16과 Fig. 33과 같이 -2°C에서 화경장, 화수장, 소화수, 화경수 등이 다른 온도보다 높게 나왔으며, 잎의 녹색정도도 -2°C에서 높았고 8주일 저장에서도 4°C와 8°C는 화경신장이 억제되었다.

**Table 17. Effect of 12 weeks storage with various low-temperature on flowering characteristic in bleeding heart.**

Temperature (°C)	Flower length (cm)	Spike length (cm)	No. of floret	Floret height (cm)	Flotet width (cm)	No. of flower stem	SPAD
-2	68.5	15.5	9.7	3.0	2.3	1.8	25.6
4	49.7	13.1	5.2	3.1	2.6	1.4	25.3
8	34.9	11.2	4.8	2.9	2.3	1.1	26.1
12	-	-	-	-	-	-	-



-2°C      4°C      8°C      12°C



-2°C      4°C      8°C      12°C



-2°C      4°C      8°C      12°C

Fig. 33. Effect of 12 weeks (upper), 8 weeks (middle), and 4 weeks (lower) storage with various low-temperature on flowering in bleeding heart.



Fig. 34. Effect of different day and night temperature on flower color in bleeding heart.

<사진 뒷면>

12주일간 처리 후 개화특성을 살펴보면(표 17, Fig. 33), -2℃에서 화경장, 화수장, 소화수, 화경수 등이 우수하였으며, 4℃의 화경이 50cm 정도로 많이 신장된 것을 볼 수 있었다. 12℃는 12주 저장에서도 전혀 망아하지 않았다.

### 9. 재배방법에 따른 생육 및 개화특성 구명

가. 일교차가 생육과 화색에 미치는 영향

주·야간의 온도 차이에 따른 생육은 표 18과 같다. 주/야간 온도처리별 초장은 큰 차이가 없었으나, 초폭과 엽수의 수치는 25/15℃에서 가장 높아 분화로써 관상 가치가 높았고, 엽록소함량은 야간온도가 낮을수록 높은 경향으로 나타나 25/15℃ 처리에서 3.45 mg/g으로 가장 높았다.

**Table 18. Effect of different night temperature on growth in bleeding heart.**

Treatment (day/night °C)	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaf	Chlorophyll (mg/g, F.W)
25/15	41.0	<b>70.1</b>	19.9	13.9	<b>41.3</b>	<b>3.45</b>
25/20	40.3	63.2	21.4	12.9	32.0	3.38
25/25	40.9	59.2	20.3	12.6	44.7	2.96

광합성량을 조사한 결과(Fig. 35) 25/15℃(낮/밤)와 25/20℃는 큰 변화를 보이지 않았으나, 낮과 밤의 온도가 모두 높은 25/25℃에서는 처리 20일 이후 광합성률이 크게 감소하였다. 호흡량은 25/15℃와 25/20℃는 비슷한 경향이었고, 낮과 밤을 고온처리한 25/25℃는入室 후 감소 폭이 컸다.

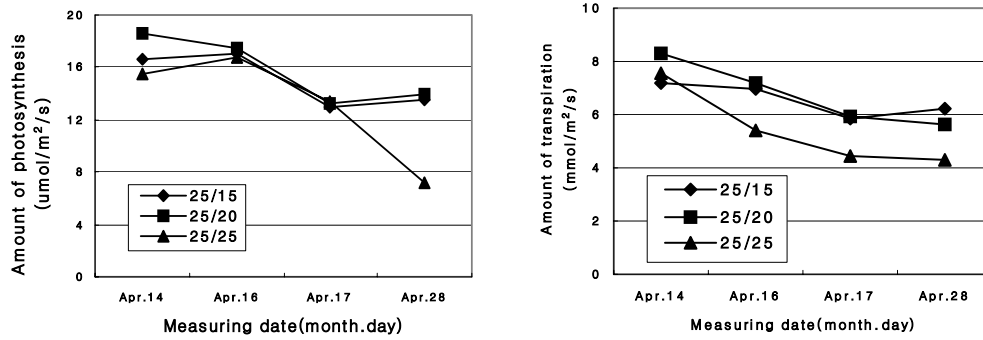


Fig. 35. Effect of different night temperature on photosynthesis and transpiration in bleeding heart.

주·야간의 온도차이에 따른 개화기 특성을 보면(표 19), 화퇴 형성기가 4월 7일에 도달한 화분을 성장상에 놓고 주/야간 온도 처리를 달리하여 시험한 결과 생육특성을 보면, 착색기, 開花始, 落花終 등 25/25℃에서 25/15℃와 25/20℃에 비해 시기가 단축되어 생육이 빨랐고, 개화기간도 야간에 고온(25℃)으로 관리한 처리에서 13일로 가장 짧았고, 야간에 20℃ 이하로 처리한 화분은 23~25일로 10일 이상 개화기간이 연장되었다. 枯葉이 되는 시기도 야간에 25℃로 고온관리 한 처리에서 빨리 도달하

Table 19. Effect of different night temperature on flowering stage in bleeding heart.

Treatment (day/night °C)	F.b.f. <sup>z</sup> stage (m.d.)	F.c. <sup>y</sup> stage (m.d.)	F.d. <sup>x</sup> flowering (m.d.)	F. <sup>w</sup> stage (m.d.)	L.d. <sup>v</sup> flowering (m.d.)	F.a. <sup>u</sup> day (m.d.)	F. <sup>t</sup> period(D)	F.d.l. <sup>s</sup> snescence (m.d.)
25/15	4.7 <sup>r</sup>	4.10	4.14	4.15	4.19	5.7	23	6.4
25/20	4.7	4.11	4.13	4.15	4.18	5.8	25	6.4
25/25	4.7	4.7	4.9	4.14	4.17	4.22	<b>13</b>	<b>5.26</b>

<sup>z</sup>Floret bud formation stage, <sup>y</sup>Floret coloring stage, <sup>x</sup>First day of flowering, <sup>w</sup>Flowering stage, <sup>v</sup>Last day of flowering, <sup>u</sup>Flower abscission day, <sup>t</sup>Flowering period, <sup>s</sup>First day of leaf senescence and <sup>r</sup>4.7 means April 7.



였는데, 20℃ 이하로 처리한 화분에 비해 9일 먼저 잎이 황화되기 시작하여 관상기간이 짧았다.

개화특성은 표 20과 같다. 야간에 온도를 25℃로 높게 처리한 화분에서 화경수는 약간 증가하였으나, 야간의 온도를 낮게 처리한 25/15℃ 에서 花穗長과 小花數가 현저하게 증가하여 관상가치를 높이는 효과를 보였다.

**Table 20. Effect of different night temperature on characteristic flowering in bleeding heart.**

Treatment (day/night °C)	No. of flower stem	Flower length (cm)	Spike length (cm)	No. of floret	Floret height (cm)	Floret width (cm)
25/15	3.7	48.8	<b>17.2</b>	<b>18.2</b>	2.9	2.1
25/20	3.0	50.9	9.9	11.0	3.0	2.2
25/25	4.3	43.1	10.9	11.8	3.0	2.0

처리별 화색의 특징은 표 21과 그림 34와 같다. 25/15℃에서 붉은색을 나타내는 a 값이 25/20℃와 25/25℃보다 높게 나타났으며, 실제 花被 내 anthocyanin 함량도 밤의 온도가 낮을수록 현저하게 증가하여 25/15℃ 처리구에서 2.60 mg/100g으로 25/25℃로 밤의 온도를 높였을 때의 0.72 mg/100g 보다 3.6배나 증가하였다. 온도 처리별 소화

**Table 21. Effect of different night temperature on flower color and content of anthocyanin in bleeding heart.**

Treatment (day/night °C)	L	a	b	Anthocyanin (mg/100g)
25/15	49.53	<b>37.54</b>	0.24	<b>2.60</b>
25/20	55.14	29.78	-2.94	1.35
25/25	61.51	25.09	0.03	0.72

의 사진에서도 화색 차이를 확실하게 구별할 수 있다. 따라서 밤에 온도를 낮추는 것이 화색 발현을 증가시키는데 가장 큰 영향을 주는 것으로 생각된다. 전체적으로 밤의 온도를 낮출 경우 생육 및 개화특성이 우수하였고 화색발현이 증가되었다.

나. 광질의 종류에 따른 화색의 변화

光質에 따른 생육을 조사한 결과(표 22) Red + Blue 광처리에서 초장과 엽수의 수치가 가장 높았고, White 광처리에서 초폭과 엽록소함량 등이 우수하여 다른 처리에 비해 두 처리에서 생육이 우수하였다.

Table 22. Effect of artificial light source on growth in bleeding heart.

Light source	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaf	Stem width (mm)	Chlorophyll (mg/g, F.W)
Red	50.6	63.0	24.5	16.8	42	6.49	4.74
Blue	50.2	72.7	26.8	17.7	43.3	7.40	4.60
R+B	<b>54.7</b>	68.3	22.8	17.3	<b>49.3</b>	7.52	4.84
White	49.9	<b>74.4</b>	23.9	13.4	41.3	6.68	<b>5.65</b>

<sup>z</sup>Floret bud formation stage, <sup>y</sup>Floret coloring stage, <sup>x</sup>First day of flowering, <sup>w</sup>Flowering stage, <sup>v</sup>Last day of flowering, <sup>u</sup>Flower abscission day, <sup>t</sup>Flowering period, <sup>s</sup>First day of leaf senescence.

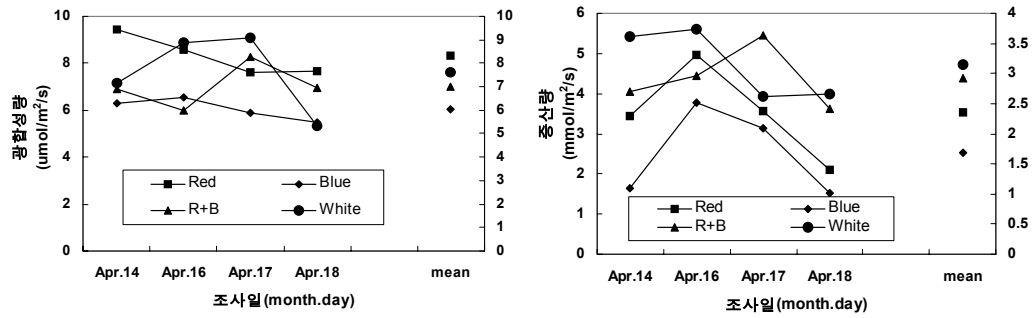


Fig. 36. Effect of different artificial light source on photosynthesis and transpiration in *Dicentra spectabilis*.

光質에 따른 광합성과 증산량을 조사한 결과(Fig. 36) 광합성량은 Red광에서 가장 높았고 다음으로 White, Red + Blue 순이었고 Blue광이 가장 낮았다, 증산량은 White 광처리에서 가장 높았고 다음으로 Red + Blue, Red 순이었고 Blue광에서 가장 낮았다. 광합성과 증산량과의 상관은 광질 처리 간에 서로 일정한 경향을 보이지 않았으나, Blue광에서 광합성과 호흡량 모두 다른 광질 보다 낮았다.

광질 별 개화기 특성을 보면(표 23), 착색기, 開花始, 개화기 등이 White광에서 가장 빨랐으나, 落花終이 다른 처리에 비해 5월 5일로 가장 늦어 전체 개화기간이 24일로 가장 길었으며 고엽시기도 가장 늦었다.

White광에서 화경수와 총 小花數 등이 높게 나타나 개화특성이 우수하여 開花始·期 등 전체적으로 종합해 볼 때 생육 및 개화특성은 White광에서 우수한 것으로 조사 되었다.

光質 별 화색은 Fig. 44와 표 25와 같다. 붉은색을 나타내는 a값이 Red광 처리 시 27.9로 가장 높았고, 실제 花被내 안토시아닌함량도 Red광에서 가장 높아 화색발현이 우수하였다. 광질 별 사진에서도(Fig 44) Red처리가 가장 화색이 짙은 것으로 나타났으며, Blue광에서는 화색이 많이 탈색된 것으로 나타났다.

**Table 23. Effect of different artificial light source on flowering stage in *Dicentra spectabilis*.**

Light source	F.b.f. <sup>z</sup> stage (m.d.)	F.c. <sup>y</sup> stage (m.d.)	F.d. <sup>x</sup> flowering (m.d.)	F. <sup>w</sup> stage (m.d.)	L.d. <sup>v</sup> flowering (m.d.)	F.a. <sup>u</sup> day (m.d.)	F. <sup>t</sup> period(D)	F.d.l. <sup>s</sup> snescence (m.d.)
Red	4.3 <sup>r</sup>	4.12	4.13	4.15	4.19	5.4	21	6.13
Blue	4.3	4.11	4.13	4.15	4.18	5.3	20	6.17
R+B	4.3	4.9	4.11	4.13	4.17	5.3	22	6.7
White	4.3	4.9	4.11	4.12	4.16	5.5	24	6.23

<sup>z</sup>Floret bud formation stage, <sup>y</sup>Floret coloring stage, <sup>x</sup>First day of flowering, <sup>w</sup>Flowering stage, <sup>v</sup>Last day of flowering, <sup>u</sup>Flower abscission day, <sup>t</sup>Flowering period, <sup>s</sup>First day of leaf senescence and <sup>r</sup>4.3 means April 3th.

**Table 24. Effect of different artificial light source on flowering characteristic in bleeding heart.**

Light source	No. of flower stem	Flower length (cm)	Spike length (cm)	No. of floret	Total No. of floret	Floret hight (cm)	Flotet width (cm)
Red	5.0	50.9	15.8	18.3	91.5	3.2	2.7
Blue	5.3	51.3	11.3	17.4	92.2	3.2	2.3
R+B	4.7	56.1	15.1	23.4	110.0	3.4	2.2
White	6.3	48.8	13.1	23.7	149.3	3.3	2.3

**Table 25. Effect of different artificial light source on flower color and content of anthocyanin in bleeding heart.**

Light source	L	a	b	Anthocyanin (mg/g)
Blue	69.92	14.19	-0.69	0.41
R+B	65.43	20.83	1.61	0.98
White	57.87	24.92	-3.71	1.05
Red	60.34	<b>27.91</b>	-0.55	<b>1.48</b>

이상의 광질 시험 결과, 생육 및 개화품질은 White광에서 우수하였고, 화색발현은 Red광에서 가장 우수하였다. Blue광 처리 하에서 광합성과 증산, 생육 및 화색 등에서 전체적으로 가장 낮은 수치를 보였다.

다. 실내에서 관주액 pH처리에 따른 화색의 변화

灌注液의 pH를 달리 처리하여 관수한 결과(표 26) pH가 높을수록 엽장, 엽폭, 잎의 녹색정도 등 생육이 우수한 경향이었는데, 초장과 초폭 등을 포함한 전체적인 생육은 pH 8.0 처리에서 가장 성적이 우수하였다.

**Table 26. Effects of different irrigation pH on growth in bleeding heart**

pH	Plant height (cm)	Plant width (cm)	leaf length (cm)	leaf width (cm)	No. of leaf	Stem width (mm)	SPAD
3.0	53.7	58.3	28.2	16.6	67	6.9	25.4
4.0	44.8	55.7	29.4	20.0	59	7.6	26.1
6.0	44.9	54.2	30.3	21.9	60	6.7	27.8
8.0	<b>66.7</b>	<b>64.8</b>	<b>33.4</b>	<b>22.1</b>	64	<b>7.7</b>	<b>30.6</b>

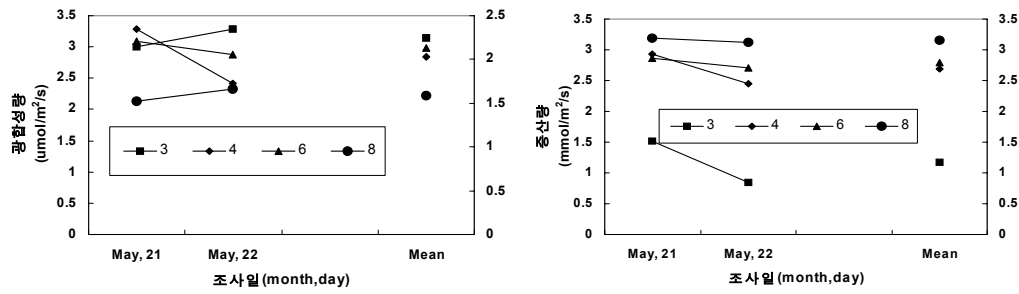


Fig. 37. Effects of different irrigation pH on photosynthesis and transpiration in bleeding heart.

pH처리별 광합성량을 보면(Fig. 37) pH 3에서 가장 높았고 pH 8에서 가장 낮았으며, 증산량은 광합성량과는 반대의 경향을 보여 처리 간 일정한 경향치는 나타나지 않았다.

화뢰가 일정하게 형성된 화분을 5월 10일에 실내로 들여와 관주액을 pH별로 처리하고 생육을 관찰한 결과(표 27), pH 4처리에서 開花始·期·終, 落花終 등이 다른 처리에 비해 지연되어 개화기간이 13일로 가장 길었다. 잎이 황화 되는 시기인 枯葉

Table 27. Effects of different irrigation pH on flowering characteristic in bleeding heart

pH	F.b.f. <sup>y</sup> stage (m.d.)	F.d. <sup>x</sup> flowering (m.d.)	F. <sup>w</sup> stage (m.d.)	L.d. <sup>v</sup> flowering (m.d.)	F.a. <sup>u</sup> day (m.d.)	F. <sup>t</sup> period(D)	F.d.l. <sup>s</sup> senescence (m.d.)
3.0	5.10 <sup>f</sup>	5.12	5.14	5.16	5.20	8	6.10
4.0	5.10	5.13	5.16	5.19	5.26	13	7.1
6.0	5.10	5.12	5.14	5.16	5.22	10	7.8
8.0	5.10	5.12	5.14	5.17	5.22	10	7.12

<sup>y</sup>Floret bud formation stage, <sup>x</sup>First day of flowering, <sup>w</sup>Flowering stage, <sup>v</sup>Last day of flowering, <sup>u</sup>Flower abscission day, <sup>t</sup>Flowering period, <sup>s</sup>First day of leaf senescence and <sup>f</sup>5.10 means May 10.

**Table 28. Effects of different irrigation pH on flowering characteristic in bleeding heart.**

pH	No. of flower stem	Flower length (cm)	Spike length (cm)	No. of floret	Floret high (cm)	Flotet width (cm)
3.0	5.0	50.9	15.8	18.3	2.8	2.1
4.0	5.3	51.3	11.3	17.4	3.0	2.3
6.0	4.7	56.1	15.1	23.4	2.8	2.2
8.0	6.3	48.8	13.1	23.7	2.8	1.8

始는 관주 pH가 높을수록 지연되어 pH 8에서 입실 후 2개월 이상 잎의 녹색기간이 유지되었고 pH 3.0과는 1개월 이상 차이가 나타났다.

광량이 인위적으로 조절되지 않는 약한 실내 환경 내에서 실시한 관주액 pH시험은 전체적으로 개화특성이 좋지 않은 것으로 조사되었다(표 28). 화경수는 pH 4.0에서 2개로 가장 많았고, 화경장과 화수장, 총 소화수 등 개화특성은 pH 4에서 우수하였다.

**Table 29. Effects of different irrigation pH on flower color in bleeding heart.**

pH	L	a	b
3.0	63.83	4.06	0.79
4.0	67.34	<b>25.66</b>	-0.73
6.0	72.53	0.13	6.49
8.0	76.26	3.03	1.34

처리 pH별 화색을 비교한 결과(표 29, Fig. 46) 붉은색을 나타내는 a값이 pH 4에서 다른 처리에 비해 월등히 높게 나타나 화색발현이 가장 우수하였다. 특히하게 pH가 높을수록 잎의 녹색기간은 지연되는 것으로 나타나 이후 녹색기간과 pH와의 관

계구명을 위한 정밀한 시험이 필요하다고 생각된다.

라. 차광에 따른 생육 및 개화특성

시험재료는 자생종 금낭화를 이용하였고, 차광비율은 0, 30, 50, 70, 90%의 차광망을 이용 조절하였다. 처리별 평균 기온과 지온은 Fig. 38과 같다. 7월 하순까지 30°C 이하로 나타났으며, 처리 간 최대 2°C 정도 차이로 큰 유의성은 보이지 않았다. 최고 기온은 7월 하순에 처리별로 35°C~40°C사이로 가장 높았고 최고지온 역시 7월 하순으로 나타났으며 35°C 이하로 나타나 지온이 기온보다 5°C 정도 낮았다. 최고기온과 지온은 차광률이 높을수록 낮게 타나났는데, 무차광과 90% 차광 비교 시 5°C 정도의 차이를 보였다. 최저기온과 지온은 처리별로 유의성이 보이지 않았다.

초장은 차광률이 높을수록 커지는 경향으로 90%차광에서 가장 초장이 길었다 (Fig. 39). 다음으로 30%차광 처리에서 초장이 컸으며 50%와 70% 차광 시 초장은 40cm 정도로 나타났고 무차광에서는 40cm이하로 나타났다. 草幅은 70% 차광처리에서 65cm 이상으로 가장 컸으며 다음으로 90%와 50%, 30% 차광에서 60cm 내외로 비슷하였고 무차광에서는 50cm이하로 나타났다. 盆花의 관상가치는 절화와는 달리 초장이 크다고 품질이 우수한 것으로 인정받는 것은 아니며 盆의 크기와 상관성이 있고 초폭과 초장, 화경장 등이 잘 균형감각을 이루어야 한다.

그림 45에서 흰 삼각형(위)은 90% 차광 시 초장과 초폭을 나타내며, 녹색(아래) 삼각형은 70% 차광 시 초장과 초폭을 비교해서 나타낸 그림인데, 분화로 이용할 경우 70% 차광에서와 같이 초장에 비해서 초폭의 비율이 상대적으로 커야 분을 완전히 덮으면서 안정적인 형태로 관상가치가 높아지는 것이다. 본 연구 결과 70% 차광 시 초장은 40cm 내외로 안정적이고 초폭은 65cm 이상으로 최고로 넓었으며, 화경장은 60cm 정도로 무차광을 제외하고는 다른 처리와 비슷하게 조사 되어 가장 관상가치가 높은 것으로 판단되었다.



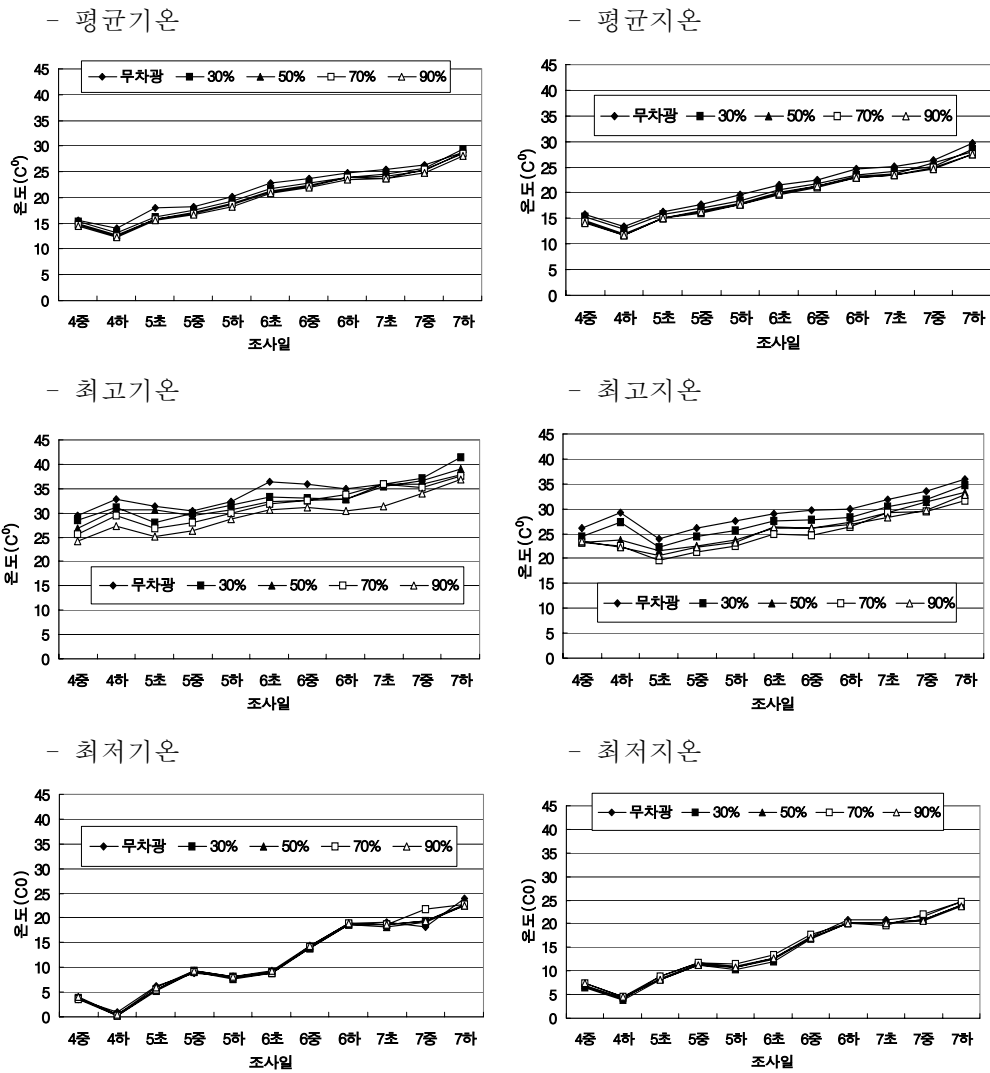
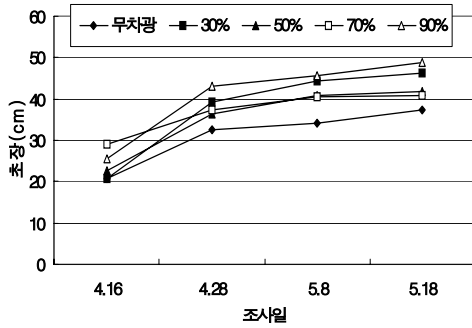


Fig. 38. Effects of different shading rate on change of average, maximum, and minimum atmospheric and soil temperature in bleeding heart.

- 초장변화



- 초폭변화

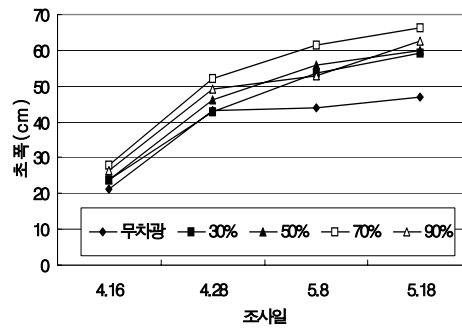
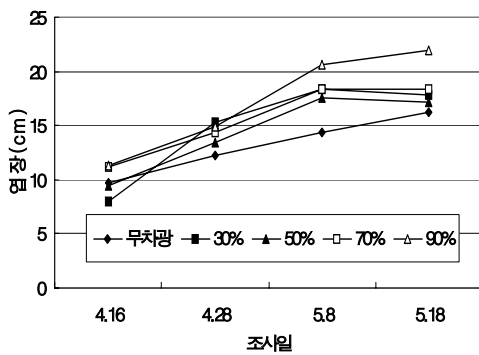


Fig. 39. Effects of different shading rate on change of plant height and width in bleeding heart.

葉長은 90% 차광에서 가장 길었는데 다른 처리에 비해 5cm 정도 차이가 났으며, 차광률이 낮을수록 엽장은 약간씩 작아지는 경향이였다(Fig. 40). 분지당 엽수의 경우 50% 차광에서 5.5매로 가장 적었고, 나머지 처리는 차광률이 낮아짐에 따라서 약간씩 작아지는 경향이였으나 6.5~7매 사이로 큰 차이는 보이지 않았다.

- 엽장변화



- 엽수변화

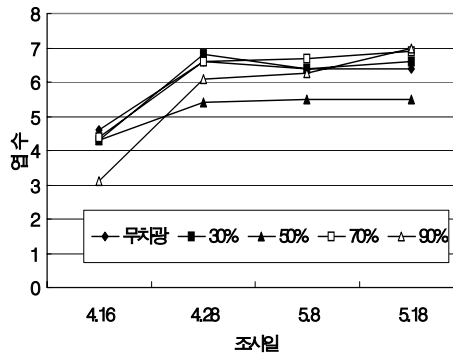


Fig. 40. Effects of different shading rate on change of leaf length and numbers in bleeding heart. 4.16 means April 16.

화경장의 경우 90, 70, 30% 처리에서 60cm 내외로 비슷하게 조사되었으며, 무차광과 50% 차광 시 50cm 내외로 10cm 정도 작게 차이를 보였다(Fig. 41). 30%에 비해서 50% 차광 시 엽수와 화경장이 작게 나타난 것은 특이 하다고 생각된다. 전체적으로 초장, 초폭, 엽장, 엽수, 화경장 등 생육은 차광률이 높을수록 우수한 경향이었으나, 엽수, 초폭, 화경장에서는 70% 차광이 90% 차광보다 약간 높은 수치를 보였다.

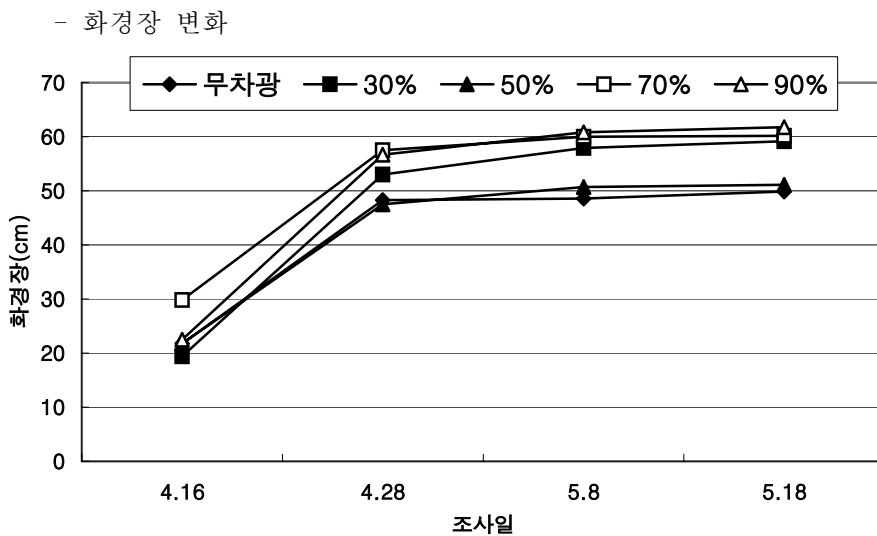


Fig. 41. Effects of different shading rate on change of flower stem length in bleeding heart. 4.16 means April 16.

葉溫은 차광률이 높을수록 낮았고(Fig. 42), 광합성량(Fig. 42)과 증산량(Fig. 43)은 생육단계가 진전될수록 감소하는 경향이였다. 광합성량은 무차광에서 가장 높았고 다음으로 70% 차광에서 높게 낮고, 90% 차광에서 가장 낮았으나 처리 간 큰 유의성은 보이지 않았다. 증산량은 차광률이 낮을수록 높게 나타나 차광 시 증산이 억제 되는 것으로 분석되었고 차광을 전혀 하지 않은 처리에서 가장 높았는데, 90, 70% 차광에 비교하면  $1.5\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  정도 높았다.

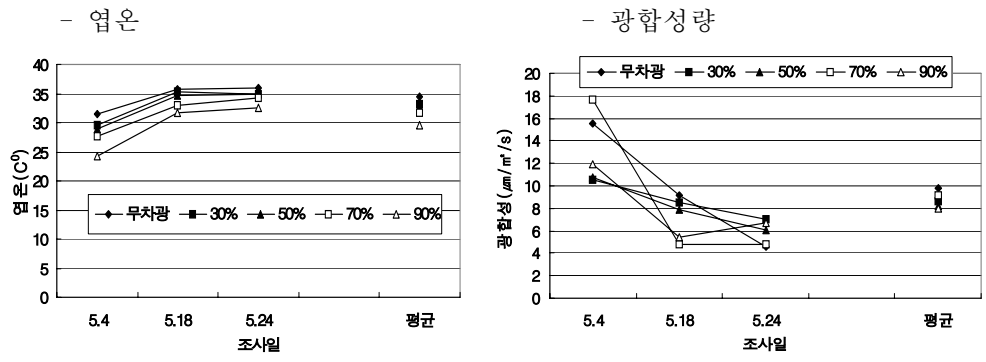


Fig. 42. Effects of different shading rate on change of leaf temperature and amount of photosynthesis in bleeding heart. 5.4 means May 4th.

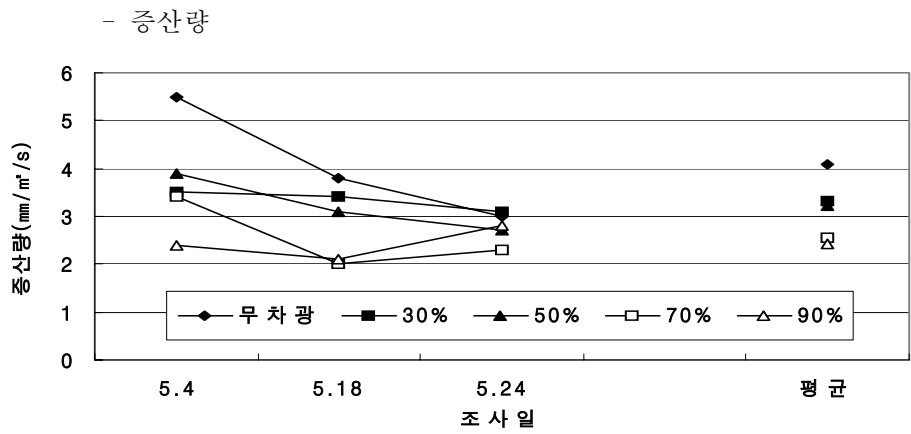


Fig. 43. Effects of different shading rate on change of amount of transpiration in bleeding heart. 5.4 means May 4th.



Fig. 44. Effect of different artificial light source on flower color in bleeding heart.

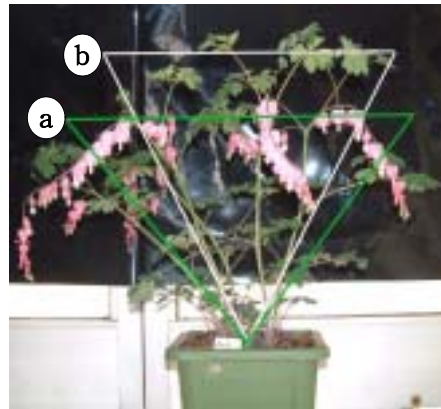


Fig. 45. Difference of view value between 70%(a) shade and 90% (b) shade in bleeding heart.



Fig. 46. Effects of different irrigation pH on flower color and leaf senescence in bleeding heart.



Fig. 47. Effects of different shading rate on the flower color in bleeding heart.

<사진 뒷면>

각 차광처리는 처리별 차광률이 정해진 차광망을 이용 처리하였으며 결과는 표 30과 같다. 실제 무차광 시 광량은 80,000Lux로 나타났으며 90% 차광망을 이용 차광할 경우 광량이 16,000 Lux로 조사되어 실제 차광은 80% 가 되는 것으로 조사되었고 각 처리별로 차광망을 이용 차광할 경우 실제로는 약 10% 씩 차광이 덜 되었다. 화퇴 착색기는 모든 처리에서 4월 12~13일로 비슷하였다. 제1小花 개화기도 4월 22일 정도로 비슷하였으나 개화기는 차광률이 높을수록 지연되는 경향이었는데, 70% 차광에서 4월 30일로 조사되어 무처리 4월 24일보다 6일정도 지연되는 효과가 있었다. 개화가 80% 정도 진행되는 시기인 開花終의 경우 70% 차광에서 5월 6일로 가장 늦었고, 무차광이 4월 29일로 가장 빠르게 나타나 70% 차광 시 무차광에 비해 7일 정도 개화가 지연되어 관상기간을 연장시키는 효과가 있었다. 개화중, 落花終, 黃葉始·期 등 전체적인 생육상은 무차광에서 가장 빨랐고 차광률이 높을수록 지연되었다.

**Table 30. Effects of different shading rate on flowering and leaf senescence stage in bleeding heart**

Shading rate (%) <sup>z</sup>	F.c. <sup>y</sup> stage (m.d)	F.d. <sup>x</sup> floret (m.d)	F. <sup>w</sup> stage (m.d)	L.d. <sup>v</sup> flowering (m.d)	F.a. <sup>u</sup> day (m.d)	F.d.l. <sup>t</sup> sene. (m.d)	S. <sup>s</sup> stage (m.d)	L.d. <sup>r</sup> Senescence (m.d)
0	4.13 <sup>q</sup>	4.22	4.24	4.29	5.19	5.25	6.5	6.16
30	4.13	4.22	4.27	5.4	5.19	5.28	6.7	6.17
50	4.13	4.22	4.27	5.3	5.19	5.25	6.4	6.17
70	4.12	4.22	4.30	<b>5.6</b>	<b>5.21</b>	5.27	6.7	6.20
90	4.12	4.23	4.28	5.4	5.18	5.27	6.10	6.21

<sup>z</sup>Shading rate: 0%(80,000lux), 30%(64,000), 50%(48,000), 70%(32,000), 90%(16,000)

<sup>y</sup>Floret coloring stage, <sup>x</sup>First day of floret, <sup>w</sup>Flowering stage, <sup>v</sup>Last day of flowering, <sup>u</sup>Flower abscission day, <sup>t</sup>First day of leaf senescence, <sup>s</sup>Senescence stage, <sup>r</sup>Last day of Senescence, and <sup>q</sup>4.13 means April 13.

처리별 근권부 생육은 표 31과 Fig. 48과 같다. 70%를 정점으로 차광률이 높을수록 뿌리의 생체중과 乾物重은 높게 나타나는 경향으로 70%에서 생체중은 229.3g, 건물중은 58.1g으로 가장 무거웠다. 그러나 90%의 과도한 차광에서는 오히려 가장 낮아 무차광보다 생체중이 낮았으며 건물중도 가장 낮은 무차광과 비슷한 결과를 얻었다. 실제 차광 처리별 근권부를 보여주는 사진에서도 90%차광 시 근권부 생육이 가장 많이 억제된 것을 확인할 수 있다. 따라서 90% 이상의 과도한 차광은 근권부의 생육을 상당히 억제하는 것으로 조사되었으며 다음해의 생육에도 장애 요인으로 작용할 것으로 생각된다.

**Table 31. Effects of different shading rate on root growth in bleeding heart.**

Shading rate(%)	Root F.W.(g)	Root D.W.(g)
0	151.0	24.0
30	159.0	30.4
50	196.2	45.0
70	<b>229.3</b>	<b>58.1</b>
90	140.0	25.4



**Fig. 48. A photograph of bleeding heart root effected different shading rate.**



차광률 별 차광망을 이용 차광 후 생육기에 화색과 엽색을 칼라메타를 이용 측정 한 결과(표 32), 70% 이상 차광에서 적색을 나타내는 a값이 가장 높게 나타나 화색 발현이 가장 잘 이루어진 것으로 조사되었다. 또한 a값이 낮을수록 적색이 약해지고 녹색이 진해지는데, 다른 처리에 비해 70% 차광에서 엽의 a값이 가장 낮아 엽색이 가장 진한 녹색을 띠는 것으로 분석되었다. 실제 차광 처리별 소화들을 촬영한 사진에서도 70%이상 차광할 경우 화색이 선명한 것을 볼 수 있다(Fig. 47). 결과적으로 70% 차광 시 개화기간이 무차광에 비해 실제적으로 7일이 연장되었고, 화색과 엽색의 발현이 잘 이루어져 관상가치를 증진시킨 것으로 판단된다.

**Table 32. The changes of flower and leaf color according to shading rate in bleeding heart.**

Shading rate(%)	Flower color			Leaf color		
	L	a	b	L	a	b
0	52.5	37.6	4.4	36.6	19.1	28.1
30	53.2	36.2	4.1	39.4	18.3	27.7
50	50.7	36.6	3.2	38.3	18.6	28.2
70	52.5	<b>38.0</b>	3.9	40.9	<b>15.8</b>	27.0
90	50.6	<b>38.0</b>	4.6	35.2	17.1	24.0

## 11. 고품질 안정적 분화생산을 위한 재배체계 확립

### 가. 처리별 排水의 EC 및 pH

배양토 및 관수량 처리별 給水 후 배액의 EC를 분석한 결과(Fig. 49) 피트모스와 퍼라이트 비율에 상관없이 1200 mL/일 씩 관수한 처리에서 EC가 가장 높았고, 관수량이 가장 적은 200 mL/일 급수구의 EC가 가장 낮은 경향 이었다. 특히 피트모스의 비율이 50% 이하인 처리에서 200 mL/일 로 적은 양을 관수할 경우 초기에는 EC가 1.0정도로 낮았다가 시간이 흐름에 따라 1.5로 회복되는 것으로 나타났다.

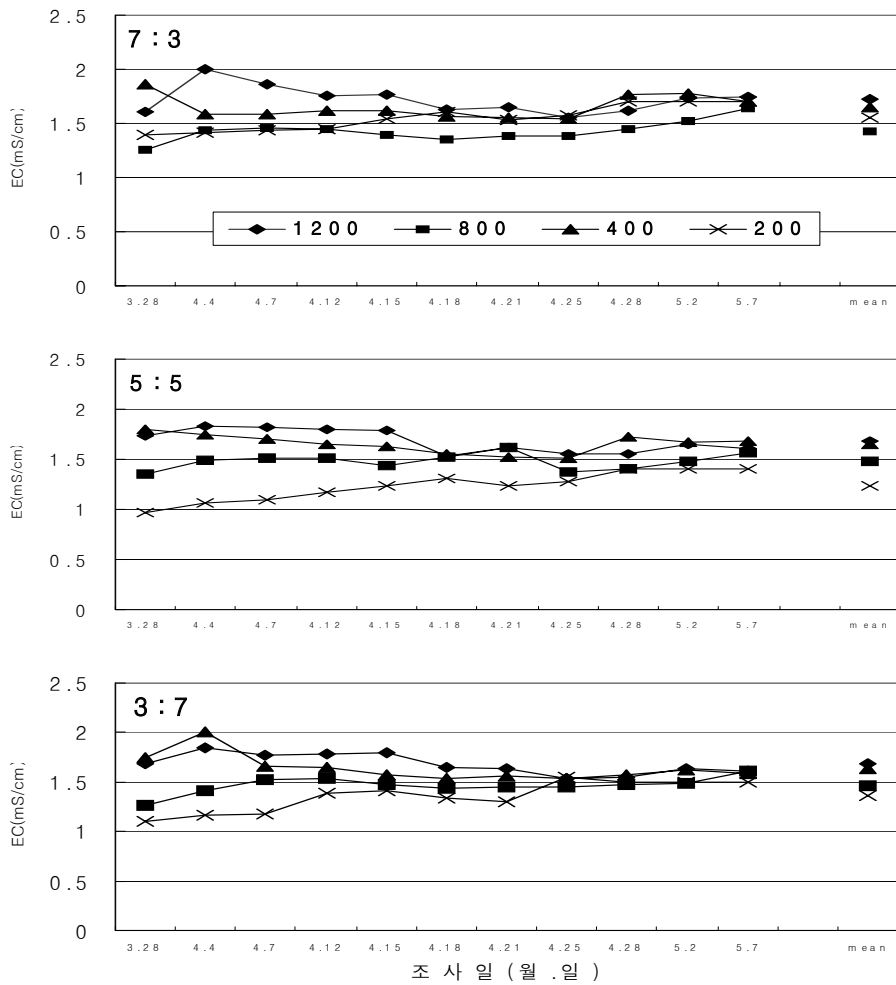


Fig. 49. The changes in the EC of leachate solution according to different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation in bleeding heart.

배양토 비율 및 급수량에 따른 배양액의 pH 변화를 살펴보면 전체적으로 같은 경향을 나타냈는데, 급수 초기에는 pH가 6으로 나타났으나 일주일 이후에는 바로 pH 5이하로 떨어졌으며 생육기간 내내 약간씩 산성으로 떨어져 pH 4 까지 도달 한 것을 볼 수 있었다(Fig. 50).

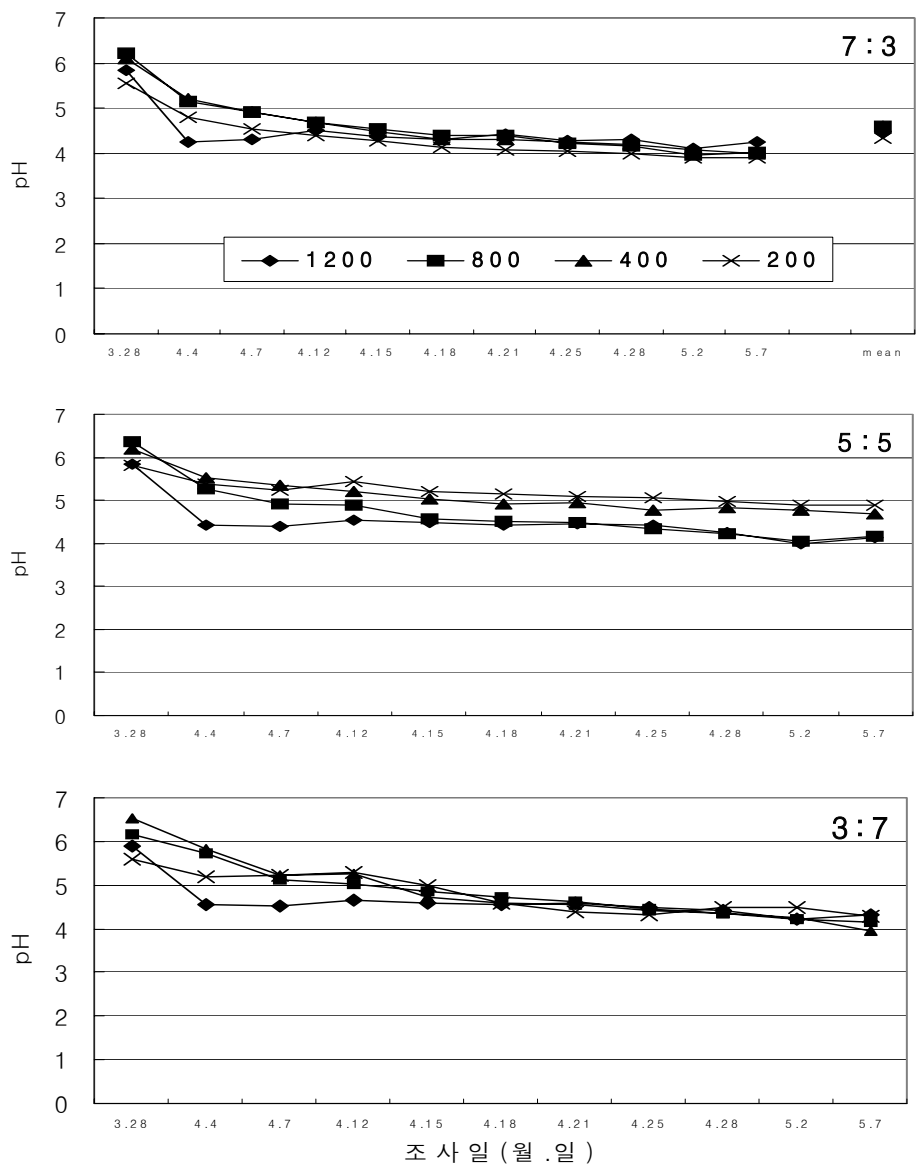


Fig. 50. The changes in the pH of leachate solution according to different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation in bleeding heart.

나. 배양토 및 관수량에 따른 생육특성

처리별 초장의 변화를 살펴보면(Fig. 51) 피트모스와 퍼라이트 비율에 상관없이 개화가 끝날 때까지 초장은 계속해서 증가하였고, 1200, 800, 400 mL/일 처리는 처리

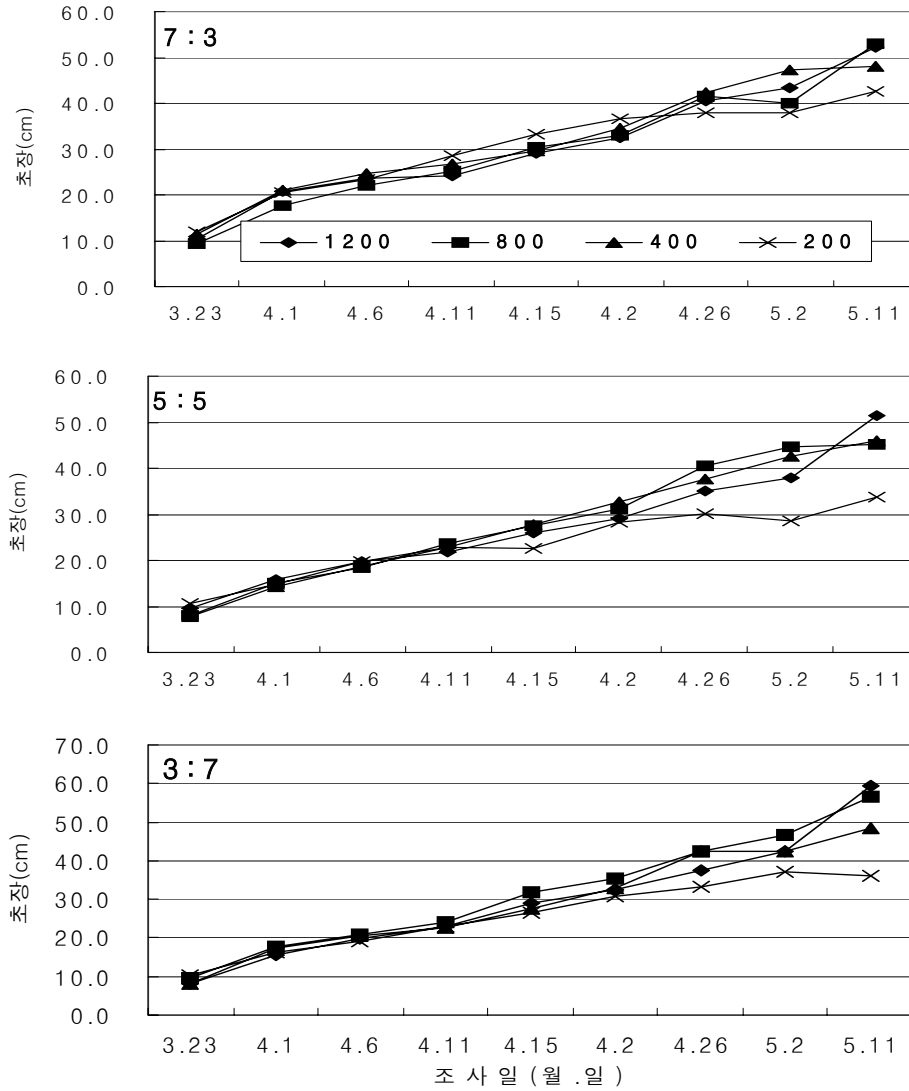


Fig. 51. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on changes of plant height in *Dicentra spectabilis*. 3.23 means March 23.

간 큰 유의성을 보이지 않았으나, 200 mL/일로 공급한 처리에서 증가의 폭이 제일 적었다. 피트모스 함량 비율이 50% 이하일 경우 급수를 200 mL/일로 적게 공급한 처리에서 개화기 이후(4월 26일) 초장이 크게 위축되었다.

처리별 초폭의 변화를 살펴본 결과(Fig. 52), 초장과 비슷한 경향을 보였다. 개화기까지 초폭도 증가하는 경향이었고 개화기 이후에는 증가하지 않았다. 최종 초폭을 보면 피트모스의 비율에 관계없이 800 mL/일로 급수한 처리에서 가장 증가의 폭이 컸다. 피트모스와 퍼라이트가 7 : 3으로 혼합한 배양토에서는 200 mL/일로 급수를 적게 공급한 처리에서도 다른 처리에서와 큰 차이 없이 75cm 정도를 유지하였다. 그러나 피트모스와 퍼라이트의 혼합 비율이 5 : 5, 3 : 7로 피트모스의 함량을 낮추고 200 mL/일로 낮게 급액할 경우 화뢰가 착색된 이후 초폭의 증가율이 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있었다.

葉數의 변화를 보면(Fig. 53), 관수의 공급량이 많을 수록 엽수는 증가하였고 급액량이 적을수록 증가폭이 적은 경향으로, 200 mL/일로 공급한 처리에서 엽수가 가장 적었다. 또한 피트모스의 함량이 적을수록 그러한 경향은 뚜렷하였는데, 피트모스와 퍼라이트의 비율이 3 : 7일 처리에서 200 mL/일로 급액한 구에서 엽수는 30장 이하로 나타나 1200 mL/일로 급액한 처리와의 엽수 차이는 17장 이상 되었다.

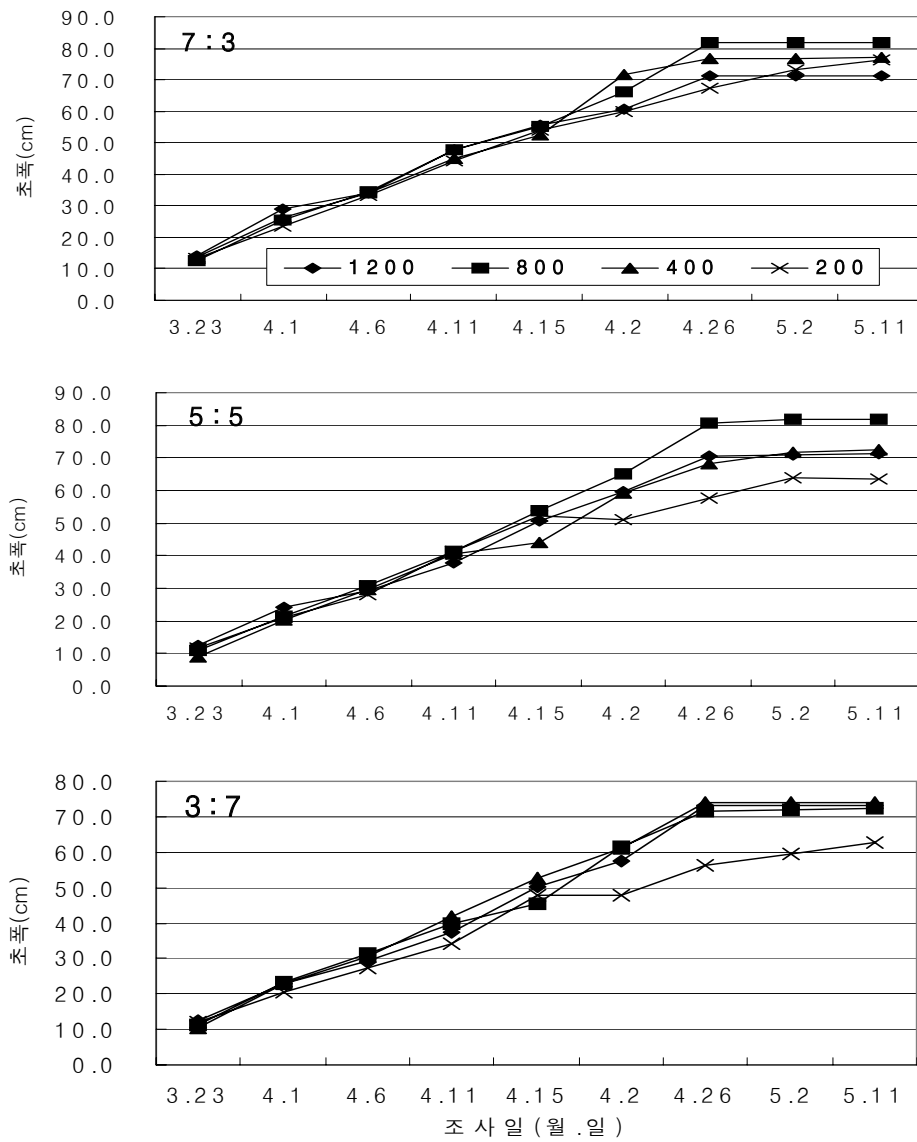


Fig. 52. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on changes of plant width in bleeding heart. 3.23 means March. 23.

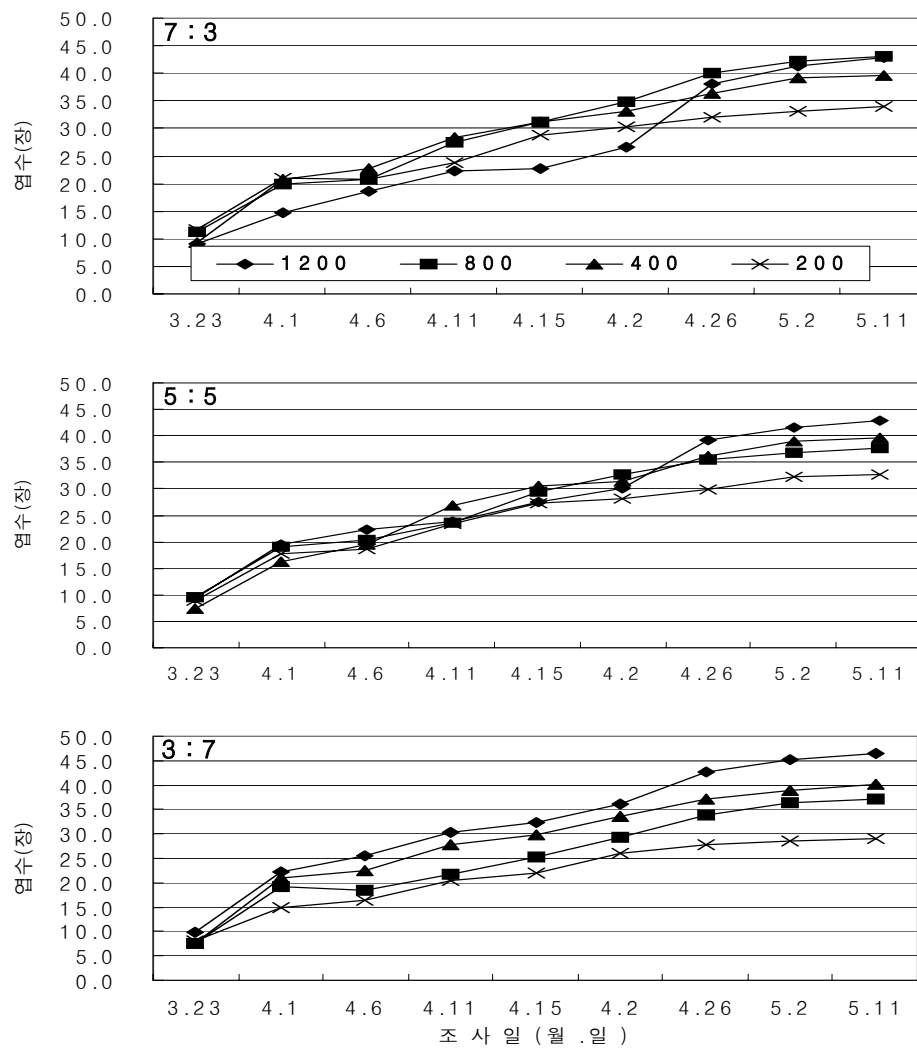


Fig. 53. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on changes of number of leafs in bleeding heart. 3.23 means March 23.

分枝數는 개화가 끝날 때 까지 계속하여 증가하였는데, 처리별 뚜렷한 변화는 보이지 않았으나, 400 mL/일로 灌注한 처리에서 증가율이 가장 높은 경향이였다(Fig. 54). 1200 mL/일로 많이 관주한 처리에서는 오히려 200 mL/일로 관주한 처리와 비슷한 분지수를 보여 과도한 관주는 분지수 증가에 도움이 되지 않는 것으로 조사되었다. 피트모스 함량이 30%로 가장 적은 처리에서는 1200 mL/일 처리가 400 mL/일 처리보다 분지수가 높게 나타났는데, 피트모스 함량이 적을수록 배양토의 수분 보유 능력이 적기 때문인 것으로 판단되었다.

SPAD값을 이용한 처리별 葉內 엽록소의 변화를 보면(Fig. 55), 피트모스와 퍼라이트의 비율과 관계없이 급액차이에 따라서는 처리간 차이가 있는 것으로 조사되었다. 1200 mL/일로 가장 많이 급액한 처리에서 SPAD값이 가장 낮아 엽록소 함량이 적은 것으로 생각되었고, 가장 낮게 급액한 200 mL/일 처리에서 SPAD값이 가장 높은 경향으로 조사되어 엽록소 함량이 높은 것으로 생각되었다. 피트모스의 함량 비율에 따른 처리 간 葉內 엽록소 함량에 대한 큰 유의성은 찾을 수 없었다.



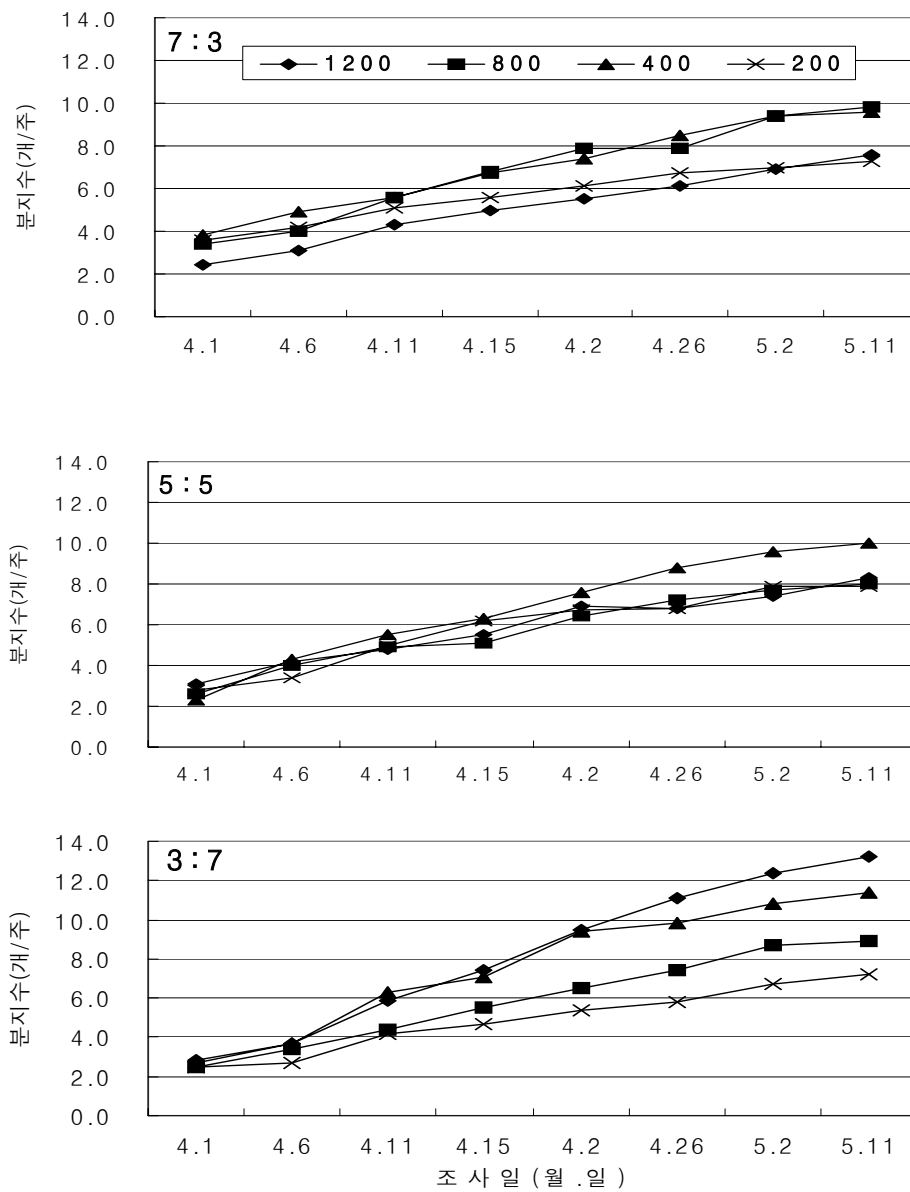


Fig. 54. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on changes of lateral shoots in bleeding heart. 4.1 means April 1st.

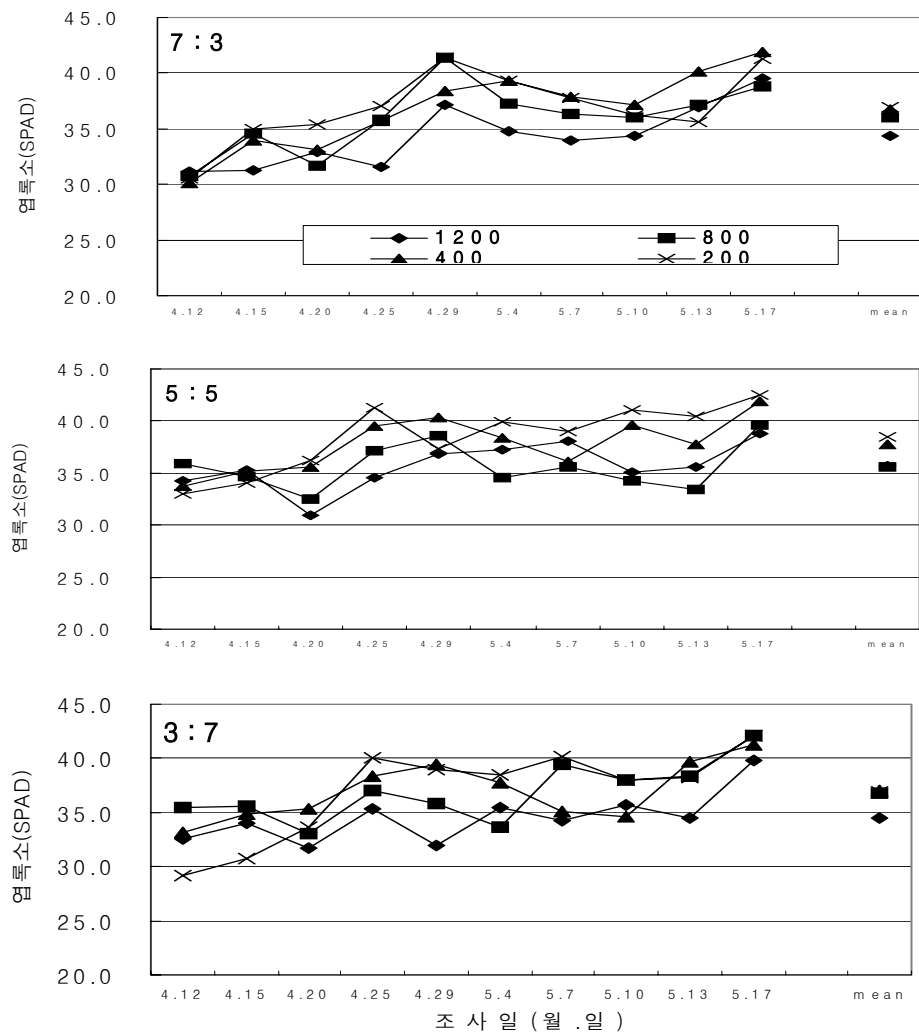


Fig. 55. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on time-course of leaf SPAD(relative leaf greenness) value in bleeding heart. 4.12 means April 12.

다. 배양토 및 관수량에 따른 개화 특성

피트모스와 퍼라이트의 비율별 평균을 가지고 개화특성을 분석해 보면(표 33) 개화시의 경우 36~37.5일 사이로 큰 차이를 보이지 않았지만, 개화기는 피트모스와 퍼라이트의 비율이 7 : 3일 경우 42.8일, 5 : 5는 44.5일, 3 : 7은 46.3일로 피트모스의 함량이 낮을수록 개화기가 지연 되었는데, 7 : 3과 3 : 7과의 차이는 3.5일 정도 개화가 지연되는 효과가 있었다. 開花終도 7 : 3은 59.8일, 5 : 5는 62.5일, 3 : 7은 67.0일로 개화기와 같이 피트모스 함량이 낮을수록 지연되어 처리간 최대 7일 정도 지연되었다. 급액수준에 따른 처리별 평균 소요일수를 가지고 특성을 살펴보면, 開花始는 급액수준이 가장 낮은 처리와 가장 높은 처리에서 빨리 개화하는 경향으로 200 mL/일 처리구가 가장 빨리 개화 하였고, 1200, 400, 800 mL/일 순으로 개화가 시작되었고 최대 9일이 차이 나는 것으로 조사되었다. 개화기도 비슷한 경향이었는데 400mL/일 처리에서 49일로 가장 지연되었고 200 mL/일 처리와는 10일간 차이가 났다. 급액량을 평균으로 잡고 배양토 비율에 따른 개화기간은 피트모스 : 퍼라이트의 비율이 3 : 7에서 31일로 7 : 3 대비 최대 8.7일 정도 지연 되었다. 배양토 비율을 평균으로 잡고 급액수준에 따른 개화기간을 보면 200 mL/일 처리에서 20일

**Table 33. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on flowering period in bleeding heart.**

Irrigation (ml/day)	A days to first flowering				A days to flowering stage				A days to last flowering				The flowering period (days)			
	7:3	5:5	3:7	M <sup>y</sup>	7:3	5:5	3:7	M	7:3	5:5	3:7	M	7:3	5:5	3:7	M
1200	36	36	35	35.7	41	<b>45</b>	<b>48</b>	44.7	61	<b>71</b>	<b>73</b>	68.33	25	35	38	32.67
800	38	43	40	40.3	42	<b>49</b>	<b>45</b>	45.3	<b>62</b>	<b>64</b>	<b>70</b>	65.33	24	21	30	25.00
400	40	35	41	38.7	<b>47</b>	<b>47</b>	<b>53</b>	49.0	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>74</b>	67.33	24	29	33	28.67
200	36	30	28	31.3	41	37	39	39.0	52	51	51	51.33	16	21	23	20.00
Mean	37.5	36.0	36.0	36.5	42.8	44.5	46.3	44.5	59.75	62.5	67.0	63.08	22.25	26.50	31.00	26.59

<sup>y</sup>Mean

로 가장 빨랐고, 1,200 mL/일 처리에서 32.7일로 가장 늦게까지 개화하여 최대 12.7일이 연장된 것으로 조사 되었다. 시험결과 배양토를 피트모스 3 : 퍼라이트 7로 혼합하여 1,200 mL/일로 급액하는 것이 금낭화 盆花의 관상기간을 가장 많이 연장시키는 것으로 조사되었다.

피트모스와 퍼라이트 비율에 따른 화경장의 차이는 유의성이 없었으나, 급액량에 따른 화경장의 편차를 보면 급액량이 적을수록 그 수치가 큰 것으로 나타나, 평균수치로 비교할 때 200 mL/일 처리에서 46.8cm로 1200 mL/일 처리에 비해 7.4cm가 더 컸다(표 34). 피트모스함유 비율 성적을 같이 비교하면 피트모스와 퍼라이트의 비율이 5 : 5이고 200 mL/일 양을 급수할 때 화경장이 49.8cm로 가장 컸다. 화경장이 가장 작게 나타난 7 : 3 비율과 1200 mL/일 처리구의 35.5cm와 비교하면 14.3cm나 차이가 났다. 花穗長 역시 200 mL/일 처리구에서 평균수치가 가장 길었다. 화고와 화폭은 3 : 7 비율로 40 0mL/일 처리구에서 가장 성적이 우수하였다. 개화특성을 살펴본 결과 일일 양액공급량이 많을수록 영양생장 위주의 생육 진전이 이루어진 것으로 생각되며 양액공급을 줄일 경우 생식생장이 촉진된 것으로 판단되었다.

**Table 34. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on characteristic of flower bleeding heart.**

Irrigation (ml/day)	flower stem length(cm)				Spike length(cm)				Floret height(cm)				Floret width(cm)			
	7:3	5:5	3:7	M <sup>z</sup>	7:3	5:5	3:7	M	7:3	5:5	3:7	M	7:3	5:5	3:7	M
1200	35.5	41.6	41.2	39.4	14.8	<b>16.8</b>	11.6	14.4	2.5	<b>2.9</b>	2.6	2.67	<b>2.3</b>	<b>2.3</b>	<b>2.3</b>	2.30
800	41.6	37.3	45.0	41.3	<b>18.1</b>	14.7	<b>17.8</b>	16.9	<b>2.9</b>	<b>2.8</b>	<b>2.9</b>	2.87	<b>2.5</b>	<b>2.3</b>	2.2	2.33
400	<b>45.8</b>	39.3	40.6	41.9	<b>16.3</b>	15.5	13.0	14.9	2.7	<b>2.8</b>	<b>3.1</b>	2.87	<b>2.5</b>	2.3	<b>2.4</b>	2.40
200	<b>49.3</b>	<b>49.8</b>	41.5	46.8	<b>17.8</b>	<b>18.7</b>	11.0	17.5	<b>2.9</b>	2.7	2.7	2.77	<b>2.3</b>	2.2	2.2	2.23
Mean	43.1	42.0	42.1	42.4	16.8	17.7	13.4	15.9	2.75	2.8	2.8	2.79	2.40	2.27	2.27	2.31

<sup>z</sup>Mean

라. 배양토 및 관수량에 따른 근권부 생육 특성

근권부 생육특성은 처리에 따라 유의성이 높게 나타났다(표 35, Fig. 56). 피트모스와 퍼라이트 혼합 비율에 따라서는 7 : 3 처리에서 생체중이 가장 높았고, 5 : 5와 3 : 7에서는 거의 비슷한 수치를 보였다. 급액량 처리별 수치를 보면 급액량이 많을수록 생체중은 무거운 것으로 조사되었는데, 1200 mL/일 처리구에서 배양토평균 수치는 414.1g 으로 200 mL/일 처리 시 평균 88.7g 보다 4.7배나 더 무거웠다. 배양토 비율과 급액량을 종합해 보면 7 : 3 혼합에 1200 mL/일 처리구가 486.7g 으로 가장 무거웠다. 건물중도 생체중과 같은 경향을 보여 배양토 혼합간에는 7 : 3 처리구가 높은 수치를 보였고 5 : 5와 3 : 7은 비슷하였다. 배양토를 평균으로 한 급액량 간의 비교에서는 급액량이 많을수록 건물중도 무거운 것으로 조사되었다. 1200 mL/일 (96.4g) 처리가 200 mL/일(17.2g) 처리에 비해 5.6배 더 무거웠다. 배양토와 급액량을 종합해 보면 역시 7 : 3 혼합에 1200 mL/일 처리구가 106.3g으로 가장 무거웠다. 배양토 비율간 눈(bud)수는 큰 차이를 보이지 않았고, 급액량에 따른 눈수는 급액량이 많을수록 눈수도 증가하여, 1200 mL/일 처리구에서 13.2개로 20 mL/일 처리 시 7.7개 보다 5.5개가 더 많았다. 실제 사진에서도 피트모스 함유량이 많을수록, 급액량이 많을수록 근권부 생육이 왕성한 것을 볼 수 있다.

**Table 35. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on characteristic of root bleeding heart.**

Irrigation (ml/day)	F.W.(g)				D.W.(g)				No. of bud			
	7:3	5:5	3:7	Mean	7:3	5:5	3:7	Mean	7:3	5:5	3:7	Mean
1200	<b>486.7</b>	<b>365.0</b>	<b>390.6</b>	414.1	<b>106.3</b>	<b>85.3</b>	<b>97.7</b>	96.4	<b>12.3</b>	<b>15.3</b>	<b>12.0</b>	13.20
800	<b>376.5</b>	<b>286.3</b>	<b>275.2</b>	312.7	<b>93.2</b>	<b>75.8</b>	<b>66.0</b>	78.3	<b>12.3</b>	<b>13.0</b>	<b>13.0</b>	12.77
400	241.8	239.3	230.3	237.1	58.5	57.7	56.5	57.6	<b>13.7</b>	9.0	<b>13.0</b>	11.90
200	89.3	87.5	88.7	88.5	14.3	19.5	17.7	17.2	7.0	8.7	7.3	7.67
Mean	298.6	244.5	246.2	263.1	68.1	59.6	59.5	62.4	11.32	11.5	11.32	11.39



Fig. 56. A photograph of *Dicentra spectabilis* root effected different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation.

마. 잎 및 근권부 체내 무기이온 흡수 특성

식물체내 전 질소함량을 분석한 결과는 Fig. 57과 같다. 잎 내의 全窒素 함량은 큰 차이를 보이지 않았지만 5 : 5 혼합과 400 mL/일 처리에서 약간 높게 나타났다. 뿌리에서의 전질소 함량은 7 : 3 혼합비율에서 높았고 급액량에 따른 흡수능력은 400 mL/일 처리를 정점으로 급액량이 적을수록 증가하다가 200 mL/일 처리에서 다시 감소하는 경향을 보였다.

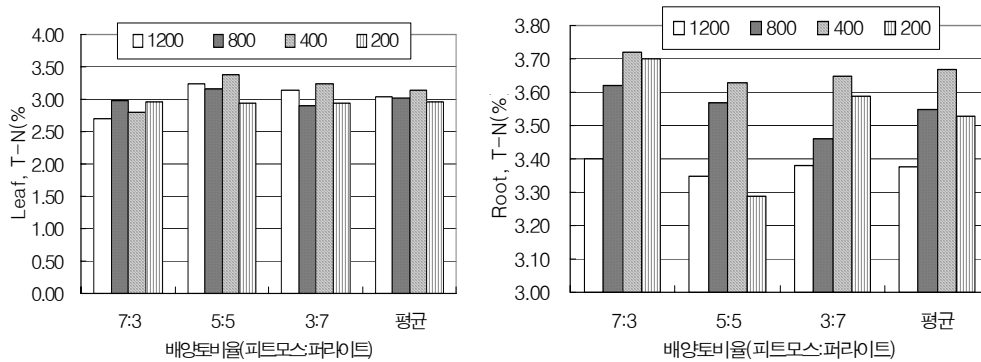


Fig. 57. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on absorption of T-N in bleeding heart.

잎 내 인산의 흡수능력은 피트모스와 퍼라이트 혼합 비율에서는 7 : 3 혼합에서 높았고, 급액량에서는 1200 mL/일 처리에서 높게 나타났다(Fig. 58). 뿌리에서의 흡수 능력은 배양토 혼합비율에서는 7 : 3에서 높았지만 급액량 처리에서는 오히려 반대로 200 mL/일 처리에서 가장 높았다.

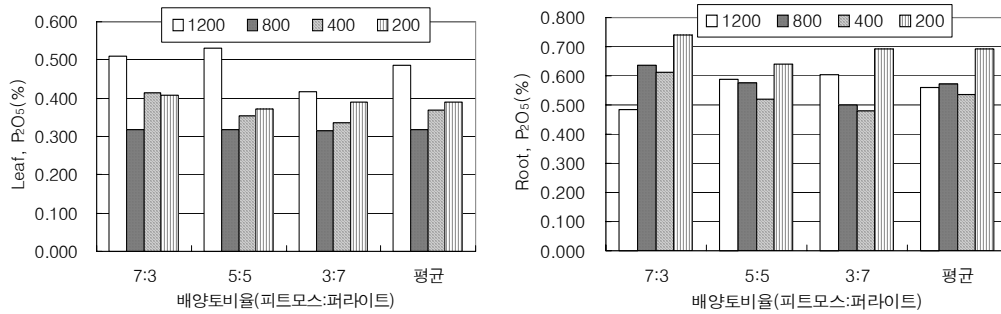


Fig. 58. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on absorption of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in bleeding heart.

칼륨 역시 잎과 뿌리 모두 피트모스와 퍼라이트를 7 : 3으로 혼합 했을 때 흡수 능력이 우수하였고 급액량은 뚜렷한 경향치를 보이지 않았다(Fig. 59).

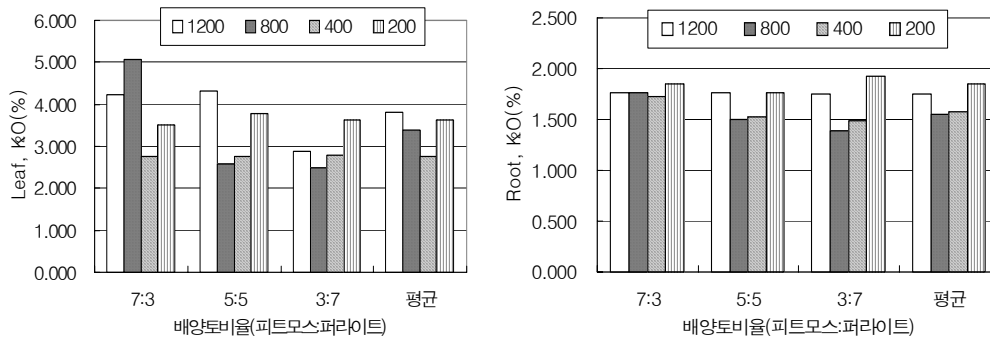


Fig. 59. Effect of different ratios of peat moss : perlite and amount of irrigation on absorption of K<sub>2</sub>O in bleeding heart.

### 제 3 절 적 요

금낭화(*Dicentra spectabilis* L.)는 개발가치가 있는 국내 자생화 중의 하나로서 우수한 품종의 대량생산이 절실히 요구되는 실정이다. 본 연구는 금낭화 배우체의 형성과 배 발달 특성에 관한 기초 자료로 활용과 금낭화의 기내 현탁배양을 통한 배 발생세포의 대량증식과 체세포배 발생 및 식물체재생의 적정조건을 구명하여 효율적인 기내묘목의 대량생산 체계를 확립하고자 시도되었다.

#### 1. 자생지 분포 및 변이체 탐사

금낭화의 자생지는 제주도를 제외한 설악산, 지리산 등 전국의 산간지역에 분포하고 있었으며 주로 배수가 양호한 반음지의 계곡 주변에 자생하고 있었다. 자생지의 화색에 대한 변이체를 조사하였으나 전형적인 분홍색이 관찰되었고 자생지역과 개체에 따라 색체의 濃淡 차이가 약간 인정되었으나 변이체로 판정하기는 곤란하였다.

#### 2. 종자의 휴면타파 및 발아율 향상 시험

종자는 6월에 채종한 후 즉시  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 냉장고에 저장한 후 이듬 해 4월  $\text{GA}_3$  3000 ppm 처리구에서 81.7% 발아하여 가장 양호하였고, 채종 1개월 후 채파한 경우에는  $\text{GA}_3$  4000 ppm에서 61.5% 발아하여 가장 양호하였고  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 에 20~40분간 처리한 구는 38.5~47.8% 발아하였다. 한편 가을에 화학약품을 처리한 후 노천매장한 경우는 이듬 해 봄 파종시에는 발아가 상당히 진행되어 적합하지 않았다.

#### 3. 자·웅 배우체 형성 및 배 발달과정의 조직학적 조사

금낭화의 배우체 형성과정에서 시원세포로부터 발달된 소포자 모세포는 화뢰의 길이가 1 mm일 때 감수분열을 하여 4면체형(tetrahedral) 4분자가 형성되었다. 4개의 소포자는 분리되어 각각 웅성배우체로 발달하였다. 대포자 모세포는 화뢰의 길이 4~5 mm에서 관찰되었고 대포자의 발달유형은 정상형(polygonum)이었으며, 배낭의 형태는 굽어있는 곡생배주(amphitropous)였다. 3개의 뚜렷한 반측세포는 배낭이 성



숙한 후에도 퇴화하지 않고 남아있었고 개화 전 자웅배우체는 충분히 성숙하였다. 개화 시에 수술과 암술의 길이는 거의 비슷하거나 수술이 0.5 mm 짧아서 자화수정에 적당한 구조를 가지는 것으로 나타났다. 수정 후 배는 구형, 심장형을 거쳐 자엽배까지 발달하였으며, 종자가 산포될 때는 초기 자엽배를 가지고 있음을 알 수 있었다.

#### 4. 켈러스, 다아체 및 체세포배 발생과 증식의 최적 배지조건 구명

켈러스 발생은 무균발아 시킨 하배축을 MS배지에 TDZ 0.5~1.0 mg/L 단독 혹은 NAA 0.1 mg/L과 혼합첨가한 배지에서, 켈러스로부터 shoot의 재생은 kinetin 2.0 mg/L 첨가배지에서 가장 양호하였다. 多芽體 유도는 0.1 mg/L NAA + 2.0 mg/L kinetin 첨가배지에서 효과적이었다. 대량생산을 위한 기내 배양시스템 연구에서 1.0 mg/L 2,4-D SH고체배지에서 유도된 배발생 켈러스를 현탁배지에서 증식시킨 결과, 동일한 조성의 MS배지에 비해 증식률이 높게 나타났으며, 체세포배 발생률은 1/2배 SH기본배지에서 가장 높게 나타났다. 250 ml 삼각플라스크에서 5,000개 이상의 고빈도로 체세포배가 생산되었다

#### 5. 기내 유식물체의 재생 및 기내종묘의 대량증식체계 확립

기내 종묘는 shoot를 2~3cm 길이로 절단하여 기내 삽식하여 대량증식이 가능하였는데 0.5 mg/L IBA와 kinetin을 혼합첨가한 MS배지에서 뿌리의 발생과 shoot의 생장이 양호하였다. 체세포배의 발아 유도시에 GA<sub>3</sub>는 정상적인 식물체로의 재생을 억제하는 효과를 나타내었으며, 1/2희석 SH배지에서 정상적인 식물체로의 재생이 양호하였다. 유식물체는 통기성이 좋은 배양용기에서 생육이 좋았다.

#### 6. 유식물체의 토양순화 및 종묘의 주년생산 기술개발

다아체에 의한 기내 식물체의 토양순화는 유식물체를 5cm 내외로 절취하여 루톤을 처리하여 원예용 상토를 넣은 프리그 묘판에 삽식하여 R.H 90%의 배양상에서 1개월 후 95% 정도의 발근율을 나타냈다. 한편 체세포배로부터 발아된 기내 신초와 뿌리를 갖는 유식물체를 모래와 원예용상토가 5 : 1로 혼합된 토양이 함유된 포트에

이식하여 1개월 후 58%의 생존율을 나타내었다. 본 실험에서 건전한 종묘의 주년 대량생산은 체세포배의 발아 보다는 다아체의 삽식법에 의한 증식이 양호하였다. 특히 회소성이 높은 흰색 금낭화를 이 시스템으로 기내 증식할 경우 경제성이 높을 것으로 판단된다.

#### 7. 영양번식법에 의한 증식체계 확립

莖插시기는 4월 17일 생육 초기에 옥시베린을 처리하여 실시하는 것이 발근율을 향상 시켰으며, 根插은 맹아전이나 잎의 夏枯 이후에 실시하는 것이 根源基 형성이 잘 되었다

#### 8. 화아형성에 관여하는 온도 요인 구명

금낭화 묘의 인위적인 휴면타파를 위해서는  $-2^{\circ}\text{C}$ 와  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 8주일 이상 처리 시 95%이상 맹아하여 효과적이었고, 개화를 위해서는  $-2^{\circ}\text{C}$ 는 8주일 저장에서, 그리고  $4^{\circ}\text{C}$ 는 12주일로 저장할 경우 80%이상을 개화시킬 수 있었다.

#### 9. 재배방법에 따른 생육 및 개화특성 연구

##### 가. 일교차가 생육 및 개화에 미치는 영향

일교차 온도  $25/15^{\circ}\text{C}$ 에서 花穗長과 小花數가 현저하게 증가하여 관상가치를 향상시켰고,  $25/15^{\circ}\text{C}$ 에서 붉은색을 나타내는 a값이  $25/20^{\circ}\text{C}$ 와  $25/25^{\circ}\text{C}$ 보다 높게 나타났으며, 실제 花被내 anthocyanin 함량도  $25/15^{\circ}\text{C}$  처리구에서 2.60 mg/100g로 가장 높았다.

##### 나. 광질의 종류에 따른 화색의 변화

생육 및 개화품질은 White광에서 우수하였고, 화색발현은 Red광에서 가장 우수하였다. Blue광 처리 하에서 광합성과 증산, 생육 및 화색 등에서 전체적으로 가장 낮은 수치를 보였다.

##### 다. 실내에서 관주액의 pH에 따른 화색의 변화

花莖數, 花莖長, 화수장, 총 소화수 등 개화특성은 및 화색발현이 pH 4에서 가장 우수하였다.

라. 차광에 따른 생육 및 개화특성

70% 차광 시 초장은 40cm 내외로 안정적이었고 草幅은 65cm 이상으로 가장 넓었으며, 화경장은 60cm로 다른 처리와 비슷하게 조사되어 70% 차광 시 가장 관상 가치가 높았다. 開花終의 경우 70% 차광에서 5월 6일로 가장 늦었고, 무차광이 4월 29일로 가장 빠르게 나타나 무차광 대비 70% 차광 시 7일 정도 개화가 지연되어 관상기간을 연장시키는 효과가 있었다.

#### 10. 고품질 안정적 분화생산을 위한 재배체계 확립

급액량을 평균으로 잡고 배양토 비율에 따른 개화기간은 피트모스 : 펄라이트의 비율이 3 : 7 에서 31일로 7 : 3 대비 최대 8.7일 정도 지연되었다. 배양토 비율을 평균으로 잡고 급액수준에 따른 개화기간을 보면 200 mL/일 처리에서 20일로 가장 빨랐고, 1,200 mL/일 처리에서 32.7일로 가장 늦게까지 개화하여 최대 12.7일이 연장되었다. 시험 결과 배양토를 피트모스 3 : 펄라이트 7로 혼합하여 1,200 mL/일로 급액하는 것이 금낭화 분화의 관상기간을 가장 많이 연장시키는 것으로 조사되었다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1 절 목표 달성도

연구개발 목표	달 성 도 (%)
○ 자생지 분포조사 및 변이체 탐사	100
○ 자생지의 환경적 특성 조사	100
○ 종자의 휴면타파 및 발아율 향상 방법 개발	100
○ 자·웅 배우체 형성 조사	100
○ 접합자 배 발달과정 조직학적 조사	100
○ 켈러스, 多芽體 및 체세포배 발생과 증식의 최적배지 조건 구명	100
○ 기내 유식물체의 재생 및 기내종묘 대량증식 체계 확립	100
○ 유식물체의 토양순화 및 종묘의 주년 생산	100
○ 영양번식법에 의한 증식체계 구명	100
○ 화아형성에 관여하는 요인 구명	100
○ 재배방법에 따른 생육 및 개화 특성 구명	
◆ 주·야간 일교차가 생육과 화색에 미치는 영향	100
◆ 광질의 종류에 따른 화색의 변화	100
◆ 灌注液의 pH에 따른 화색의 변화	100
◆ 차광에 따른 생육 및 개화특성	100
○ 고품질 안정적 분화생산을 위한 재배체계 확립	100

## 제 2 절 관련분야의 기술발전 기여도

1. 금낭화의 雌·雄 배우체 형성 및 접합자 胚 발달에 대한 조직학적 연구 결과는 신품종 개발의 기초 기술개발에 기여할 수 있다.

2. 종자의 발아율이 저조하여 증식에 많은 애로가 있었던 바 본 실험 결과를 활용하여 대량증식 함으로서 분화 및 조경용 자생화훼로의 개발과 수요의 확대에 기여할 수 있다.

3. 종자번식과 함께 조직배양에 의한 多芽體 및 체세포배의 발아에 의한 우량종묘의 대량 증식체계는 금낭화의 증식법으로 활용되고 생명공학 기술의 발전에 기여할 수 있다.

4. 개화에 직접적으로 영향을 미치는 개화유도 요인을 구명하고 인위적인 개화 유도를 위한 온도 및 처리기간 등 외부 처리 조건을 밝힘으로써 안정적으로 분화 금낭화를 주년 생산할 수 있다.

5. 실내 반입 시 화색이 퇴색되는 원인을 구명하였고, 화색발현에 영향을 주는 기본 요인들을 구명함으로써 금낭화의 화색발현에 대한 기본적인 방향설정이 이루어질 수 있다.

6. 적절한 영양생장시기를 구명하여 개화기간을 단축시키고, 여름철 고온에 의한 조기 夏枯 현상의 억제와 녹색기간의 연장을 위한 시도가 이루어져 관상기간을 확대시킬 것으로 기대한다.

7. 배양토 비율과 1일 적정 양액관수량을 구명하여 양액재배 기술을 체계화함으로써 생산성 및 품질향상에 기여한다.

8. 금낭화 분화 생산체계가 확립됨으로써 유망 자생화가 새로운 농가 소득 작목으로 정착 되어 농가소득 증대 및 영농규모 확대에 기여할 수 있다.

9. 재배법 개발에 의한 안정적인 분화 생산체계가 확립됨으로써 자생지 남획방지와 생태환경이 보존될 것으로 생각되며, 고품질 자생 금낭화의 주년생산에 의한 보급 확대로 자생화의 대중화 및 산업화에 기여할 수 있다.

10. 특허등록 (1건)

특허제목 : 금낭화의 배발생세포 배양으로부터 체세포배 발생 및 묘목의  
대량생산 방법

특허번호 : 제0436632호..

일 자 : 2004년 6월 9일



11. 논문 게재 (2건)

- 1) 논문제목: 현탁배양을 통한 금낭화(*Dicentra spectabilis* Lemaire )의 대량증식  
학회지 : 식물생명공학회지, 31(2) : 121-126, 2004
- 2) 논문제목 : 금낭화(*Dicentra spectabilis*)의 배우체 형성 및 접합자배의 발달  
학회지 : 한국자원생물학회지, 18(2) : 302-308, 2005

12. 학술회의 발표 (8건)

- 1) 금낭화 미숙종자의 기내배양에 의한 대량증식  
한국원예학회 2002년 춘계학술발표회
- 2) 금낭화의 인위적 휴면타파 및 개화를 위한 저온 요구  
원예과학기술지, 21(Ⅱ) : 91, 2003.
- 3) Seed germination and mass production of *in vitro* seedlings by multiple shoot  
in *Dicentra spectabilis* L.  
한국식물생명공학회 30주년기념 국제심포지엄, 2003
- 4) 금낭화의 화색 및 생육에 대한 인공광질의 효과  
원예과학기술지, 21(Ⅱ) : 91, 2003.
- 5) 금낭화의 화색 및 생육에 대한 주/야간 온도의 효과:  
원예과학기술지, 21(Ⅱ) : 91, 2003.
- 6) 차광비율에 따른 금낭화의 생육 및 개화특성  
원예과학기술지, 22(Ⅱ) : 66, 2004
- 7) 금낭화의 발아율 향상을 위한 화학약품 처리 효과  
원예과학기술지, 23(Ⅱ) : 68, 2005
- 8) Mass propagation of *in vitro* plantlets in *Dicentra spectabilis*  
한국식물생명공학회 추계학술대회 및 한·일공동심포지엄, 2005

13. 교육 (2건)

- 1) 전북 농업기술원 지도직 공무원 교육  
제목 : 금낭화 묘의 연중생산 기술 개발 (2004. 11. 4.)
- 2) 전북대학교 농업개발대학원 최고경영자과정 원예반 교육

제목 : 금낭화의 인위적 개화 및 화색연구 (2005. 11. 22.)

14. 홍보 (라디오, 신문 및 저널 : 3건)

- 1) MBC 전주라디오 (2004. 11. 25) : 금낭화 주년생산기술
- 2) 농민신문 (2004. 12. 10.) : 제목 : 금낭화 저온처리로 연중 분화생산 가능  
- 영하 2℃서 8주일간- 전북 농업기술원 밝혀 (금낭화 묘의 연중생산 기술 개발)
- 3) 농경과 원예 (2005년 2월호) 제목 : 금낭화의 인위적 개화 및 화색 연구  
- 인위적 개화 기술개발 및 화색발현

15. 전시회 등 참여 (1건)

- 1) 행사주최 : ARPC  
제목 : 2004 자원식물개발 우수과학기술발표 및 전시회  
발표 제목 : 금낭화 묘의 연중생산 기술개발  
장소 및 일자 : 국립 산림과학원 2004월 11월 13-14일

16. 책자발간 (1건)

- 1) 우리꽃 기르기-금낭화 소개 (2004년, 표준영농교본, 농촌진흥청)

17. 영농활용자료 채택 (2건)

- 1) 금낭화의 개화유도를 위한 저온처리 효과 (2003년)
- 2) 금낭화 관상가치 향상을 위한 적정 차광률 (2004년)



## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

### 제 1 절 타 연구에의 응용

1. 금낭화와 같이 발아가 어려운 자생화와 경실종자의 발아율 향상에 본 연구 결과를 응용하면 보다 효율적인 발아시험이 될 수 있다.
2. 전통적인 방법으로 번식이 어려운 유용한 식물의 대량번식법으로 다아체와 체세포배의 유도 및 발아를 이용하여 급속 증식법으로 응용할 수 있다.
3. 금낭화 분화 생산체계가 확립됨으로써 다른 유망 자생화의 개발 연구에도 파급 효과가 있을 것으로 기대되며, 유망 자생화가 새로운 농가 소득 작목으로 정착 되어 농가소득 증대 및 영농규모 확대 등이 기대된다.
4. 국내에 자생하는 금낭화의 대량생산 체계가 확립됨으로써 다른 유용한 자생화의 생산에도 관련기술의 적용이 가능하며, 시장에서 유망 자생화의 가격안정에 기여할 것이 기대되며, 분화수입 대체효과 및 국외 수출로 외화 획득이 기대된다.

### 제 2 절 기업화 추진방안

1. 본 연구과제의 위탁연구기관인 (주) 과낙시아는 본 연구결과의 일부를 특허제목 : “금낭화의 배발생 세포배양으로부터 체세포배 발생 및 묘목의 대량생산 방법”으로 출원하여 “특허번호 제0436632호”로 취득하였는 바 본 연구결과를 기업적으로 활용할 수 있다.
2. 자생화를 취급하고 있는 전국의 화원, 식물원, 조경업자 등이 금낭화의 증식법으로 본 연구를 활용하여 종자의 발아, 조직배양방법을 통한 종묘의 대량증식 기술을 기업적으로 이용이 가능하다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 1. Astilbe

가. *Astilbe* × *arendsii* Arends 'Avalanche', 'Deutschland', 'Fanal', and 'Red Sentinel' 등을 5°C에서 0, 3, 6, 9, 12주일 동안 저온처리 하였다. 12주일 동안 저온처리 하였을 때 화수, 초장, 생체중 등의 수치가 가장 높았다. 백색계통인 'Avalanche'와 'Deutschland' 품종은 9주일 이하로, 적색계통인 'Fanal'과 'Red Sentinel' 품종은 6주일 이하로 저온처리 하였을 때 개화가 되지 않았다. 'Fanal'과 'Red Sentinel' 품종은 9시간 일정처리 했을 때 보다 14시간 일정 처리 했을 때 상당히 초장이 길어졌다(D.j. beattie and E.J. Holcomb, 1982).

나. 根莖을 12주일 이상 장기저장에서는 -2~0°C에 피트모스와 함께 충전하여 구멍이 없는 폴리에틸렌 봉지에 넣어 저장하는 것이 좋다(Dole과 Wilkins, 1998).

다. 구근에 있는 선충을 방제하기 위해 44°C로 훈증처리하면 개화 소요일수가 단축되어지고, 내적 휴면도 타파한다고 하였다(Latta와 Doucette, 1932).

### 2. Freesia

프리지아는 휴면이 타파되지 않은 구근을 저온처리 하면 휴면이 깊어지는데 휴면 도입 시, 수용부위와 공급부위(sink/source) 관계에서 IAA는 수용부위를 구축하는 것으로 알려져 있으며(Varga와 Brainsma, 1976), 프리지아에서 구근이 저온에 의해 2단구가 유기 될 때 2단구 된 신구내의 IAA가 눈에 띄게 증가하는 것은 이러한 수용부위의 활성화와 관계가 있는 것으로 보인다라는 보고도 있다(Gilbertson 등, 1981)

### 3. Liatris

온대지방에 자생하는 숙근초는 가을부터 지하부가 일정기간 휴면하는 것이 보통이다. 그 예로서 리아트리스(Waithake와 Wanjao, 1982)는 휴면기간 중에는 하우스에入室하여 가온하여도 맹아하지 않으며, 맹아 하더라도 rosette화 되어 신장생장은 물론 개화하지 않는다(小西國義 등, 1988).

### 4. Primula

앵초의 축성재배를 위한 휴면타과 시 10-11월부터 묘를 5℃에서 1-2개월간 저장하거나 휴면이 가장 깊은 12월 하순 이후 GA<sub>3</sub> 100mg · L<sup>-1</sup>를 살포하면 눈의 휴면이 타과된다고 보고하였다(阿 部 등, 1991).

## 제 7 장 참고문헌

- Beattie, D.J. and E.J. Holcomb.** 1983. Effects of chilling and photoperiod on forcing *Astilbe*. *HortScience*. 18(4):449-450.
- Bhojwani, S.S. and S.P. Bhatnagar.** 1974. *The Embryology of Angiosperms*. Third Edition pp. 25.
- Cheon W.J. and D.W. Lee.** 1999. Plantlet formation and somatic embryogenesis from the peduncle explants of wild *Corydalis remota* for. *peatinata*. *Kor. J. Plant Tiss. Cult.* 26 : 15-19
- Choi Y.E., J.W. Kim and E.S. Yoon.** 1999. High frequency of plant production via somatic embryogenesis from callus or cell suspension cultures in *Eleutherococcus senticosus*. *Ann. Bot.* 83 : 309-314
- D'Amato, F.** 1952. Polyploidy in the differentiation and function of tissues and cells in plants. A critical examination of the literature. *Caryologia* 4:311-358.
- Dole, J.M. and H.F. Wilkins.** 1999. *Astilbe*. *Floriculture Principles and Species*. Prentice-Hall. p.214-217. U.S.A.
- Eames, A.J.** 1961. *Morphology of the Angiosperms*. McGraw-Hill, New York.
- Erdtman, G.** 1969. *Handbook of Palynology : Morphology-Taxonomy-Ecology*. Munksgard, Sweden, pp. 26-46.
- Esau, K.** 1977. *Anatomy of Seed Plant*. 2nd Ed., John Wiley, New York, pp. 403-427.
- Gilbertson-Ferris, T.L., L. Brenner and H.F. Wilkins.** 1981. Effect of storage temperature on endogenous growth substance and shoot emergence in *Freesia hybrida* combs. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(4):455-460.
- Heslop-Harrison, J.** 1971. *Pollen : Development and Physiology*. Appleton-Centrury-Crofts. New York, pp. 41-127.
- Iwasa K. and C.W. Kim.** 1997. Biotransformations of protoberberines in cell cultures of *Dicentra spectabilis*. *Phytochemistry*. 46(8):1359-1363.
- Keeley J.E. and Fotheringham.** 1998. Smoke-induced seed germination in

- California Chaparral. Ecology. 79(7):2320-2336.
- Kim, G.T. and U.T. Um.** 1995. A study for utilization of herbaceous species - Effects of gibberellic acid treatment on seed germination. Kor. J. Envir. & Eco. 9(1):56-61.
- Kim H.Y., Y.D. Kang, J.Y. Lee, J.S. Lee and J.D. Chung.** 2000. Characteristic of growth and flowering of three years and one year old *Dicentra spectabilis* L. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 18(5): 660.
- Kim, H.Y. and J.D. Chung.** 2001. Effects of GA<sub>3</sub>, moist-chilling storage and removal of funiculus on the germination of *Dicentra spectabilis*. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 19(1):78-80.
- Kim, H.Y. and J.D. Chung.** 2003. Effect of uniconazole concentration and treatment date on the growth and flowering of *Dicentra spectabilis*. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 21(1):29-33.
- Kim, S.H. and A.A.de-Hertogh** 1999. Effects of plant growth regulator applied as sprays or media drenches on forcing of Dutch-grown bleeding heart as a flowering potted plant. HortTechnology. 9(4):629-633.
- Latta, R. and C.F. Doucette.** 1932. Insect control stimulates growth. Florists' Rev. 70:11-13.
- Kim, M.J. and I.S. Kim.** 1995. Microsporogenesis of *Hibiscus syriacus* L. and its sporoderm differentiation. J. Plant Biol. 38(1):95-105.
- Kim, Y.G., S.Y. Son, N.S. Seong, B.H. Lee and J.S. Park.** 2001. Gametophyte formation and microspore germination in *Astragalus membranaceus* Bunge. Kor. J. Crop. Sci. 46(6):443-448.
- Kozai, T. and K. Sekimoto.** 1998. Effects of the number of air changes per hour of the vessel and the photosynthetic photon flux on the carbon dioxide concentration inside the vessel and the growth of strawberry plantlets in vitro. Environ. Control Biol. 26 : 21-29.
- Lazarz S.A., M.R. Zillis and K.C. Sink.** 1982. *In vitro* propagation of *Dicentra spectabilis*. HortScience 17 : 188-189
- Lee K.P. and D.W. Lee.** 2003. Somatic embryogenesis and plant regeneration

- from seeds of wild *Dicentra spectabilis*(L.) LEM. Plant Cell Rep. 22 : 105-109
- Lee, K.S., O.K. Sim, J.S. Shin, Y.E. Choi and E.Y. Kim.** 2004. Mass propagation of *Dicentra spectabilis* L. Lemaire through in vitro suspension culture. Korean J. Plant Biotechnol. 31(2) : 121-126.
- Lee K.S., Y.E. Choi, O.K. Sim, S.A. Joo, J.S. Shin, J.H. Jeong, Y.S. Kim and E.Y. Kim** 2002. Effects of GA<sub>3</sub> and charcoal on plant regeneration from somatic embryos of *Acanthopanax sessiliflorus*. Kor. J. Plant Tiss. Cult. 29 : 253-257
- Lee K.S., J.C. Lee and W.Y. Soh** 2002. High frequency plant regeneration from *Aralia cordata* somatic embryos. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 68 : 241-246
- Lee, Y.M. and S.S. Kim.** 1997. The flora and rare plants in Mt. Myongji. Kor. J. Envir. & Eco.. 11(3):366-386.
- Mephram, R.H. and G.R. Lane.** 1969. Role of the tapetum in the development of *Tradescantia* pollen. Nature 221:282-283.
- Murashige T. and F. Skoog.** 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant 15 : 473-497
- Oh, B.U. and C.G. Jang.** 2002. Development of female gametophyte of six species of *corydalis* (Fumariaceae). Kor. J. Plant Tax. 32:467-480.
- Robertson, B.I.** 1984. Tapetal cell changer and sporoderm development in *Rhigowum trichotomum*. Ann. Bot. 53:803-810.
- Schenk R.U. and A.C. Hildebrandt.** 1972. Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell cultures. Can. J. Bot. 50 : 199-204
- Robert C.M., M. Serek and A.S. Andersen.** 1995. Supplemental irradiation and STS improve the display life of *Dicentra* species forced as flowering potted plants. Scientia Horticulturae. 62(1-2):121-128.
- Sulaiman I.M., N.S. Rangaswamy and C.R. Babu** 1991. Formation of plantlets through somatic embryogeny in the Himalayan blue poppy, *Meconopsis simplicifolia* (Papaveraceae). Plant Cell Rep. 9 : 582-585
- Varga, A. and J. Brainsma.** 1976. Roles of seeds and auxins in tomato fruit

- growth. Z. Pflanzenphysiol. 80:95-104.
- Walton G.B. and L. Hufford. Shoot architecture and evolution of *Dicentra cucullaria*(Papaveraceae, Fumarioideae). Internat'l J. Plant Sci. 155(5):553-568.
- Woo J.W., G.H. Huh, M.Y. Ahn, S.W. Kim and J.R. Liu. 1996. Somatic embryogenesis and plant regeneration in pedicel explant cultures of *Chelidonium majus* var. *aslaticum*. Kor. J. Plant Tiss. Cult. 23 : 363-366
- 고재영, 안명훈, 홍대기, 이경국. 1995. 자생화 상품화 개발 : 금낭화 삽목방법 및 발근 촉진제 처리 효과구명 시험. 강원도농촌진흥원 시험연구보고서. pp.247-250.
- 김길자. 1998. 정단배양에 의한 금낭화의 대량증식. 전남대학교 석사학위논문
- 김길자, 김정근, 황인택, 김선국, 김광수. 1996. 화훼대량번식에 관한 연구 : 금낭화 번식법 확립 연구. 전남농촌진흥원 시험연구보고서. pp.551-553.
- 김덕식, 오병익, 이귀용, 김광중. 2000. 야생초화류 재배를 위한 특성 조사. 충청북도 산림환경연구소 시험연구보고서 1999. pp.41-47.
- 김선국, 김홍재, 김길자, 안규빈. 1999. 야생화 실용화 기술개발 및 유망 신화종 선발 : 금낭화 분화품질 향상 및 주년생산에 관한 연구. 전남농업기술원 시험연구보고서. pp.429-433.
- 김홍열, 강연도, 이자영, 이정순, 정재동. 2000. 3년생과 1년생 금낭화의 생장 및 개화특성. 18(5) : 660.
- 김홍열, 김경아, 정재동. 1998. GA<sub>3</sub>와 저온처리, 배병의 유무가 금낭화의 발아에 미치는 영향. 한국원예학회추계발표요지. pp.393.
- 小西國義, 今西英雄, 五井正憲. 1988 花卉の開花調節. pp.19-30. 養賢堂.
- 손기철, 조성운. 2000. 살비아와 임파티엔스 플러그묘의 저장시 광질이 초장억제와 정식후 생육에 미치는 영향. 한국원예학회. 41(6):647-652.
- 송정섭, 장영득, 서종택, 이진재. 2003. 금낭화 종자의 채종 후 관리와 이화학적 처리가 발아율 향상에 미치는 영향. 원예과학기술지. 21(supple 1) : 78.
- 阿部定夫, 岡田正順, 小西國義, 樋口春三. 1991. 花卉園藝の事典 pp.12-18. 朝倉書店, 日本
- 은종선, 김영선. 1999. 고구마 정단분열조직배양에 의한 다아체 형성. 식물조직배양 학회지, 26(2) : 85-91.
- 은종선, 박종숙, 김영선. 2002. 고구마 정단분열조직 유래 식물체의 기내증식에 미치

- 는 배양조건의 영향. 식물생명공학회지, 29(1) : 37-40.
- 이재필, 김종빈, 안세웅, 김두환.** 2000. 피복이 한지형 잔디의 하고현상과 한국잔디의 노색기간에 미치는 영향. 한국잔디학회학술발표회. 제13회 pp. 8.
- 정명근, 권일찬, 곽용호.** 1998. 들깨잎 품질 관련성분 검정. III. 광질에 따른 안토시아닌 및 향기성분의 변화. 농업논문집. 40:133-139.
- 허권, 이채곤, 장민영, 조동하, 유창연.** 2000. 금낭화의 생육특성 및 자생지 식생조사. 한국자원식물학회지. 13(3):188-194.
- 홍성식, 홍윤표, 정대성.** 1996. 원예산물의 선도유지 저장기술 개선 연구. 농촌진흥청 원예연구소 시험연구보고서. pp.543-547.



## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.